

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO
CESAR POR MEDIO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).**



AUTORES:

VILLATE BARRERO ANDRÉS JULIÁN

FLOREZ ALVARADO ANDREA CAROLINA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO
CESAR POR MEDIO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)**

AUTORES:

VILLATE BARRERO ANDRÉS JULIÁN

FLOREZ ALVARADO ANDREA CAROLINA

DIRECTOR

YIM JAMES RODRÍGUEZ DÍAZ

ASPIRANTE A DOCTOR EN EDUCACIÓN

CODIRECTOR

JAIME LUIS ARIZA RESTREPO

ASPIRANTE A MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2023

DEDICATORIA

Dedico este proyecto principalmente a mi familia, el cual, han sido el motivo y el motor de apoyo en todo mi proceso de formación, principalmente mi madre, por ser el pilar y el apoyo incondicional que siempre he recibido, y también a hermana mayor Leidys, por ser mi figura paterna en todo mi proceso de mi vida. A mis amigos, mis fieles confidentes que me ayudaron a superar con todo el apoyo moral, las circunstancias de la vida.

Andrés Julián Villate Barrero, 2023.

Primeramente, a Dios por permitirme lograr este objetivo, a mi familia por ser mi fortaleza y motivación, a mi padre quien es mi gran ejemplo en la vida, a mis hermanos que han aportado su grado de arena en este proceso de formación y sobre todo a mi madre, quien es mi apoyo incondicional y quien día a día lucha conmigo en cada uno de mis pasos. También va dedicado a mis amigos que me han acompañado y a todas las personas que han aportado en todo este hermoso proceso.

Andrea Carolina Flórez Alvarado, 2023.

AGRADECIMIENTO.

Le agradezco profundamente a mi director de proyecto YIM JAMES RODRÍGUEZ DÍAZ y a mi Codirector JAIME LUIS ARIZA RESTREPO, por su dedicación y esfuerzo ante esta investigación y su vez, por el apoyo, cuidado y orientación que efectuaron para que este proyecto se realizara, sin sus correcciones en cada prueba de laboratorio y revisión de los avances del documentos, no hubiese podido lograr esta instancia tan deseada; le agradezco enormemente su orientación en el camino de mi formación y al aprendizaje que adquiriré al hacer parte de su semillero de investigación, gracias por permitirme ser participe en esta gran oportunidad de vida.

Quisiera agradecerle a mi madre LUZ MERY BARRERO por el apoyo incondicional en todo mi formación educativa y por ser el pilar fundamental en mi vida, le agradezco por cuidarme y apoyarme en cada proceso de mi vida, así como también, escucharme, ayudarme y darme ánimos para seguir adelante y no desistir en el camino, agradezco a mi madre, por ser única y que a pesar de la frustración de pensar que alguna vez podía desistir de todo, el apoyo moral permitió seguir con los ánimos el camino de mi formación.

Agradezco a mis compañeros de proyecto, por su colaboración, la ayuda, el apoyo, el esfuerzo y dedicación en esta investigación, gracias por acompañarse de igual manera en este proceso de formación, le agradezco a la vida por habérmelos cruzado, y le agradezco a ellos, por la constancia y persistencia que siempre dispusieron para sacar adelante este proyecto, gracias por las risas, carcajadas, el estrés y quizás un llamado de atención, todo esto valió la pena porque descubrí y conocí grandes personas en todo este proceso.

Y, por último, pero no menos importante, quisiera agradecerle a un ser que me cuidó, me apoyó y ayudó cuando solo pensaba en cosas negativas, el esfuerzo de brindarme un bocado de comida cuando me era imposible comer a tiempo, o la ayuda que me efectuó cuando estaba sobresaturado de cosas y solo estar presente, y ayudarme a corregir ciertas partes del proyecto cuando estaban erróneas, es algo que agradeceré de todo corazón.

Andrés Julián Villate Barrero, 2023.

AGRADECIMIENTO.

Le doy mis grandes agradecimientos a mi familia por siempre apoyarme incondicionalmente, brindarme su amor y guiarme en cada uno de mis pasos, especialmente a mi madre KELLYS ALVARADO que a lo largo de mi vida ha estado sosteniendo mi mano, por todos sus consejo, amor, cariño y esfuerzos, a mi padre HAROLD FLOREZ por su comprensión, su ejemplo, fortaleza y ser mi inspiración, a mis hermanos HAROLD y JHONATAN por su ayuda, sus risas y querer ser mejor cada día por ellos.

Le agradezco a la Universidad Popular del Cesar por brindarme mi formación y apoyarme en la realización de esta investigación, a mi director de proyecto YIM JAMES RODRÍGUEZ DÍAZ y a mi Codirector JAIME LUIS ARIZA RESTREPO, por su dedicación, paciencia y esfuerzo ante esta investigación y su vez, por su gran vocación en esta investigación por todo lo aprendido, por orientar con manera tan amable.

Agradezco a mis compañeros de proyecto, por su colaboración, ayuda y apoyo, gracias por formar parte de esta meta, por la experiencia y capacitación continua dentro del desarrollo de investigación.

Y, por último, a mi entrenador ALVARO VIDAL, por imponer en mi vida la disciplina, la perseverancia y constancia, por este proceso de formación deportiva, que ha significado mucho en mi formación, gracias por apoyarme, por su paciencia, aconsejarme en los momentos difíciles y darme un empujón hacia adelante, el taekwondo a sido fundamental en mi vida, en mis valores volviéndome alguien integral y tener gran pasión por las cosas que hago en mi vida.

Andrea Carolina Flórez Alvarado, 2023.

RESUMEN.

La calidad del agua sirve como indicador para determinar en qué condiciones físicas, químicas y biológicas se encuentra una fuente hídrica en un determinado lugar y tiempo, en ese sentido, el Índice de Calidad del Agua (ICA) permite valorar las condiciones ambientales de un cuerpo de agua. El objetivo de esta investigación radicó en la evaluar la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar en los meses de julio de 2022 a marzo de 2023 cubriendo temporada de sequía y lluvia, se aplicó el ICA en corrientes superficiales propuesto por el IDEAM (2011), evaluando 6 puntos de muestreo Guacoche, Salguero, Pitillas, Calabazos, Balneario Hurtado y Tarullal (estos dos últimos pertenecen a la cuenca baja del río Guatapurí), para ubicarlos en una categoría según su calificación (0,00 – 0,25 Muy mala, 0,26 – 0,50 Mala, 0,51 – 0,70 Regular, 0,71 – 0,90 Aceptable, y 0,91 – 1,00 Buena). Los resultados evidencian valores de: 0,562 para Calabazos, 0,596 en el balneario Hurtado y para Tarullal de 0,622 ubicándose en la categoría de Regular, por otro lado, el valor de Guacoche fue 0,495, para Salguero 0,433 y 0,432 para Pitillas obteniendo una calificación Mala. Las calificaciones se pueden deber a diversas actividades antrópicas en la ronda hídrica, evidencia de ello es la aplicación de un modelo productivo asociado a la ganadería extensiva, agricultura, turismo no sostenible, además de un crecimiento urbanístico acelerando, una poca cobertura en los servicios públicos domiciliarios y la ubicación de una planta de tratamiento de agua residual.

Palabras Claves: Calidad del agua, Cuencas Hidrográficas, parámetros fisicoquímicos, Índice de Calidad del Agua (ICA).

ABSTRACT.

The quality of the water serves as an indicator to determine the physical, chemical and biological conditions of a water source in a certain place and time, in this sense, the Water Quality Index (ICA) allows to assess the environmental conditions of a body of water. The objective of this research was to evaluate the water quality in the middle basin of the Cesar River in the months of July 2022 to March 2023, covering the dry and rainy season, the ICA was applied in surface currents proposed by IDEAM (2011), evaluating 6 sampling points Guacoche, Salguero, Pitillas, Calabazos, Balneario Hurtado and Tarullal (these last two belong to the lower basin of the Guatapurí river), to place them in a category according to their rating (0.00 - 0.25 Very bad, 0.26 - 0.50 Bad, 0.51 - 0.70 Regular, 0.71 - 0.90 Acceptable, and 0.91 - 1.00 Good). The results show values of: 0.562 for Calabazos, 0.596 in the Hurtado spa and 0.622 for Tarullal, placing themselves in the Regular category, on the other hand, the value of Guacoche was 0.495, for Salguero 0.433 and 0.432 for Pitillas obtaining a Bad rating. The ratings may be due to various anthropic activities in the water round, evidence of this is the application of a productive model associated with extensive livestock, agriculture, unsustainable tourism, in addition to accelerating urban growth, little coverage in public services homes and the location of a wastewater treatment plant.

Keywords: *Water quality, Hydrographic Basins, physicochemical parameters, Water Quality Index (ICA).*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Formulación del problema	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	16
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. MARCO REFERENCIAL	19
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
4.2. MARCO TEÓRICO	22
4.3. MARCO CONCEPTUAL	26
4.4. MARCO CONTEXTUAL	28
4.5. MARCO LEGAL	30
5. MARCO METODOLÓGICO	32
5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	32
5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	32
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	32
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	32
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	32
5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO	33
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	44
6.1. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO EL PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, OXÍGENO DISUELTTO, SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO CESAR.	44

6.1.1. Actividad 1: Identificación de la zona de estudio y puntos de muestreo.....	44
6.1.2. Actividad 2: Toma de muestra y Análisis de los parámetros fisicoquímicos.....	45
6.2. DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CESAR, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) APLICADO POR EL IDEAM.....	52
6.2.1. Actividad 1: Cuantificación de cada uno de los parámetros.....	52
6.2.2. Actividad 2: Índice de calidad por variable.....	53
6.2.3 Actividad 3: ICA promedio	56
7. CONCLUSIONES	62
8. RECOMENDACIONES.....	64
9. BIBLIOGRAFÍA	66
10. ANEXOS	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa Hidrográfico Departamento del Cesar.	28
Figura 2: Resultados del ICA en temporada de lluvia.....	55
Figura 3: Resultados del ICA en temporada de sequía.....	56
Figura 4: Índice de Calidad del Agua promedio en el río Cesar.	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Normativas Políticas Colombianas	30
Tabla 2: Variables del ICA y sus ponderaciones	42
Tabla 3: Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.	43
Tabla 4: Puntos de Muestreo en el río Cesar y río Guatapurí.	45
Tabla 5: Resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos en temporada de lluvia.	46
Tabla 6: Resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos en temporada de sequía.	48
Tabla 7: Resultados de la cuantificación de los parámetros físico-químicos en temporada de lluvia.	52
Tabla 8: Resultados de la cuantificación de los parámetros físico-químicos en temporada de sequía.	53
Tabla 9: Resultados del ICA en temporada de lluvia.	53
Tabla 10: Resultados del ICA en temporada de sequía.	54
Tabla 11: Resultados del ICA Promedio.	56
Tabla 12: Calificación del ICA Promedio.	57

INTRODUCCIÓN

Colombia es considerada potencia hídrica mundial, el agua es una de sus mayores riquezas, sin embargo, el cambio climático, el crecimiento económico, poblacional y la mala gestión del agua logran de alguna manera alterar negativamente la calidad del agua (Cajamarca Buele, 2022) que se entiende como las características químicas, físicas y biológicas de la misma, dependiendo del uso particular (Salamanca, 2016).

El río Cesar se encuentra ubicado en la región Caribe, es una de las cuencas hidrográficas más importante del departamento del Cesar, además es una fuente hídrica capaz de prestar cualquier tipo de servicios ecosistémicos para la población local, no obstante, en su recorrido por la región sufre de manera frecuente problemáticas ambientales debido a sus modelos económicos (agricultura, ganadería, minería), aumento en la demanda del recurso (crecimiento acelerado de la población y económico), invasión de la ronda hídrica (extracción de material, construcciones, plantas de tratamiento de agua residual), adicionalmente la inadecuada planificación ambiental, el incumplimiento de las normativas ambientales, la falta de vigilancia y monitoreo por parte de las autoridades ambientales competente (Gutiérrez Moreno, García Álzate, Troncoso Olivo & Borja Acuña, 2013).

El río Guatapurí es el principal río del municipio de Valledupar, cabe resaltar, que es un afluente que vierte sus aguas en la margen derecha de la cuenca media del río Cesar, razón por la cual la dinámica económica y sociales a la que está sometida la cuenca afecta directamente la calidad ambiental de la cuenca media (CORPOCESAR, 2018).

Lo anteriormente mencionado modifica las características fisicoquímicas del agua como pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno y así, provocar una alteración negativa en el equilibrio y la salud del ecosistema afectando la biodiversidad, por consiguiente, una degradación en la calidad de las aguas y limitando el uso de la corriente de agua (Blanco & Pérez, 2020).

Como punto de desarrollo de este proyecto un indicador que comprende las condiciones físicas y químicas que enfrenta una fuente hídrica es el Índices de Calidad del Agua (ICA), así como los problemas de contaminación que pueden surgir en un determinado lugar y tiempo, a su vez, permite estimar las posibilidades o limitaciones del uso del recurso hídrico para determinadas actividades, sumándole que permiten valorar de manera rápida y eficiente las condiciones ambientales de un cuerpo de agua, ayudando a identificar posibles fuentes contaminantes,

dando información fundamental para que las autoridades competentes puedan tomar acciones pertinentes para la protección y conservación de la calidad de un río (IDEAM, 2020).

Con lo anterior, en el presente documento como sección inicial se plasma la respectiva problema presente alrededor de la cuenca media del río Cesar, así como también la justificación del proyecto con sus respectivos objetivos, agregándole a esto, el documento se sustenta con una parte metódica comprendido con referencias de antecedentes ante investigaciones relacionadas, como también sustento conceptual del mismo tema y toda la legislación legal regida para efectuar este tipo de investigación, ya en la tercera sección se plasman las metodologías y hoja de ruta para efectuar los análisis y toma de las muestras, donde a partir de esto, en su sección posterior, se enmarcan dichos resultados con sus respectivos análisis, y para finalizar, se plasman las conclusiones del proyecto con un régimen de recomendaciones sobre el tema de investigación y el proyecto en general.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es la principal fuente natural en la vida de todo ser vivo; este recurso circula a través del ciclo hidrológico, transportando dicho líquido en la superficie terrestre a través de cuencas hidrográficas capaces de distribuir el agua por todo el planeta y permitiendo la obtención de esta (Ministerio de desarrollo agrario y riego, 2015).

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el 2010 estipularon que la accesibilidad que tiene el hombre hacia los cuerpos de agua, y la mala utilización de esta, provoca la alteración de la misma, el cual, inhibe en el aumento del grado de desperdicio, contaminación, y alteración en su calidad, en donde, mediante una evaluación de calidad del agua, se demuestran las alteraciones que se ejercen sobre una fuente hídrica. Por otro lado, a pesar de que Colombia es el sexto país con la mayor oferta hídrica en el planeta, estas se encuentran con una pésima calidad, a causa de ciertas actividades que infieren en su deterioro (Red de Desarrollo Sostenible, 2014).

Por su parte, el río Cesar al ser unas de las cuencas hidrográficas más importantes en el departamento del Cesar, existen actividades económicas y recreativas, el cual, generan alteraciones a este recurso; actividades agropecuarias, la tala indiscriminada de árboles, vertimientos de materiales residuales y otras actividades, son los principales promotores del deterioro de la calidad del recurso hídrico, todas estos aspectos modifican el cauce de dicha cuenca, alterando del mismo modo los aspectos que correlacionan a estos (Nuñez & Fragoso Catilla, 2020).

Por otra parte, cabe destacar que la cuenca del río Guatapurí es un afluente directo de la cuenca del río Cesar por lo que es un punto importante de monitoreo por la combinación de las fuentes; El río Guatapurí en su cuenca baja cuenta con inmediaciones de los barrios aledaños a este, se pueden observar que unas de las fuentes principales de la contaminación es la demanda de material de construcción, ya que, la fuente hídrica arrastra dicho material por lo largo de toda cuenca y expone al agua a aportes significativos de material sedimentológicos o tóxicos, provocando alteraciones en los componentes fisicoquímicos del agua; por su parte, se presentan impactos ambientales en la cuenca del río Cesar por parte de las plantaciones de palma de aceite y de arroz que actúan mediante las explotaciones del sector agrícola, aportando

al agua partículas suspendidas que pueden modificar la turbiedad de esta, así como los vertimientos de desechos industriales y domésticos de la zona urbana, que causan el aporte de contaminantes en el río, como lo son el contenido de material orgánico, que se descomponen en el agua disminuyendo el oxígeno disuelto en esta, provocando el riesgo y la vulnerabilidad de la fauna prevalente en la cuenca, y consecuente a esto la eutrofización (Gutierrez moreno, Borja Acuña, Villa Garcia, Manjarrez Garcia, & Troncoso Olivo, 2011).

Del mismo modo, la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpoesar) en el 2014, plantea que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR salguero) de Valledupar, no cumple con los porcentajes de remoción de las cargas contaminantes vertidas en el río Cesar, generando la contaminación del cuerpo de agua receptor, del aire, la erosión de los suelos, etc.; en dicho tramo de la cuenca, se percibe fuertes olores fétidos, provocados por la descomposición de la materia orgánica que no fue metabolizada correctamente por los microorganismos presentes en las lagunas de oxidación, y de igual manera, se puede observar la presencia de espumas en el punto de vertimiento al río Cesar, generados por las concentraciones de DQO y SST, lo que provoca una alteración y modificación en dicho ecosistema, permitiendo la formación de microorganismos que afectan la salud pública y a los seres bióticos de la zona.

Mencionando estos inconvenientes, se evidencia una mala y regular calidad del agua en la cuenca media del río Cesar y la cuenca baja del río Guatapurí, a causa de las modificaciones en sus componentes fisicoquímicos como DQO, SST, pH, y OD, presentes en el cuerpo lotico, siendo la temporada de lluvia la más influenciada ante la variabilidad de calidad en la cuenca, proporcionando impactos negativos, inadecuados manejos del recurso hídrico, y potencial alteración de este cauce, afectando la cantidad y calidad del agua.

1.1. Formulación del problema

¿Cuál es la calidad del agua en la cuenca media del río cesar mediante el índice de calidad del agua (ICA)?

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Debido a las problemáticas medioambientales del recurso hídrico prevalente a causa de las contaminaciones antrópicas o ambientales en las cuencas hidrográficas, nace el estudio del estado de las aguas por medio del índice de calidad del agua, este está estandarizado para evaluar las características fisicoquímicas, biológicas o microbiológicas de las cuencas estudiadas, a través del conjuntivo integral entre la zona y los tiempos de depósitos de líquido en las cuencas; de tal manera que se puedan determinar o predecir el grado de contaminación de la fuente hídrica y el posterior desarrollo de un plan de manejo para el monitoreo y solución de la problemática (Alvarez Amado, y otros, 2006).

Por ello, el ICA se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua, esto se realiza mediante una metodología que se usa comúnmente para determinar si el agua es apta para el consumo y utilización y así asegurar un suministro de agua limpia y saludable para la actividad que se desee; es por esto, que el deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial motivando a las diferentes entidades y organizaciones a evaluar los diferentes parámetros físicos y químicos en los cuerpos de aguas; el ICA a su vez, indica la afectación en la cantidad y calidad del recurso hídrico, un agua que presente un bajo índice de calidad de agua no puede utilizarse para diversas actividades consumo (ONU-DAES, 2014).

En este sentido, según lo establecido por el IDEAM, el índice de calidad del agua es un valor numérico, que clasifica la calidad del agua superficial de uno a cinco categorías, esto se realiza a través de cinco variables o parámetros, reflejando las condiciones prevalentes de los indicadores fisicoquímicos del recurso hídrico, permitiendo así distinguir las restricciones del uso del agua en las actividades presentes alrededor de las cuencas; En 2005, en Colombia se planteó que el indicador se puede calcular mediante 5 variables: oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE) y pH, donde cada parámetro va entre 0 y 1 (IDEAM, 2020).

Por otro lado, el departamento del Cesar al estar ubicada cerca de macizo montañoso de la sierra nevada de Santa Marta, es participe de las nacientes de los ríos de esta, que no son aptos para la navegación, pero son idóneos y fundamentales para el sustento de todas las zonas

aledañas, destacando afluentes como el río ranchería, el río fundación y el río del Cesar, siendo este último, el que baña el valle del cacique upar y sus alrededores; convirtiéndolo en la cuenca más importante que transporta el recurso natural indispensable en esta zona, al prever diversidad florística y faunística como beneficios socioeconómicos, pero al tener una tangible fuente permanente ha provocado el uso inadecuado, el deterioro bajo los efectos de las actividades antrópicas de la localidad y falta de sentido de pertenencia colectiva de la sociedad, provocando afectaciones medioambientales ante la dinámica ecológica y natural del afluente (Gutierrez moreno, Borja Acuña, Villa Garcia, Manjarrez Garcia, & Troncoso Olivo, 2011).

Por lo anterior, es necesario que se realice una evaluación a la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar, el proyecto que tiene un estimativo económico aproximadamente de 12.500.000 pesos y una duración de aproximadamente 12 meses, con el fin de determinar los parámetros fisicoquímicos como pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales y demanda química de oxígeno, prevalentes en la cuenca y siguiendo la hoja de ruta establecido por el índice de calidad del agua del IDEAM y de tal manera, propiciar a las autoridades ambientales competentes de la zona, alternativas viables para que estos puedan ejercer medidas preventivas y de conservación para minimizar las condiciones medioambientales que pueda poseer el río con el fin mejorar las condiciones de esta.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar por medio del índice de calidad del agua (ICA).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros fisicoquímicos como el pH, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto, Solidos Suspendidos Totales y Demanda Química de Oxígeno (DQO), de las aguas superficiales del río Cesar.
- Determinar la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar, mediante el índice de calidad de agua (ICA) aplicado por el IDEAM.

4. MARCO REFERENCIAL

A continuación, se plasmarán estudios, aportes y bases para el proyecto los cuales serán clave en materia de investigación en el presente documento.

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En búsqueda del saber y determinar la calidad de las aguas, se han realizados diversos estudios a nivel internacional, nacional, y local con el fin de evaluar dicha calidad implementando el uso del índice de la calidad del agua, entre los cuales inferimos en los siguientes:

Por un lado, se resaltan las investigaciones de índole internacional como se presentan a continuación:

Quiroz Fernández, Izquierdo Kulich, & Menéndez Gutiérrez, (2017). En su trabajo **“Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador”** evaluaron la calidad del agua del río Portoviejo en Manabí, Ecuador utilizando las metodologías dictadas por la fundación nacional de saneamiento (NSF); donde estipularon los puntos de muestreo por medio de un modelo matemático; en dichos puntos de muestreo se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, dando como resultado que la calidad del agua del río va disminuyendo a medida que el río recorre su cauce natural, concluyendo que estas afectaciones son provocado por las vertientes de cargas contaminantes provenientes de actividades antrópicas y a la disminución de depuración. Este trabajo da apoyo ante las descripciones en este anteproyecto, aportando material genérico ante la determinación y evaluación de la calidad del agua.

Por su parte, Alvarez Amado, y otros, (2006). Expresaron en su investigación **“Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción”** los métodos estandarizados para comparar la categoría de la calidad del agua de manera integral, entre las localidades y determinados tiempos de almacenamiento de la cuenca del río Amajac, para esto utilizaron las metodologías cuantitativas de calidad del agua mediante un análisis de regresión múltiples, determinando parámetros fisicoquímicos. Dando como resultado un ICA de 50 a 69 en el 29% de los puntos de muestreo, representando una calidad media en la cuenca, en lugares donde ejercen actividades para uso urbano, piscícola y agrícola;

un 59% de las localidades con un ICA de 30 a 49, y el 12% restante de la cuenca obtuvo un ICA<30. Dando como resultado que este estudio por medio de un modelo matemático, facilita la obtención de datos estadísticos en conformidad de los valores de calidad del agua. Este estudio facilita y aporta una metodología novedosa y tecnología ante la investigación presente.

Del mismo modo, encontramos investigaciones a nivel nacional con respecto al estudio de la calidad del agua, investigaciones como las presentadas a continuación:

Torres Pineda, Patacón Pedraza, & Agudelo Ariza, (2020). En su trabajo investigación **“Evaluación de la calidad del agua de la zona media del río Cravo Sur”**. Se basaron en el estudio de la zona media del río, con el objetivo de evaluar la calidad de agua en dicho afluente, debido a que este será la única fuente que va a abastecer la planta de tratamiento de agua potable en Yopal, mediante la caracterización del índice de calidad de agua, por medio de técnicas analíticas fisicoquímicas a través del ICA establecido por el IDEAM, se tomaron 22 muestras tanto en invierno como en verano desde abril de 2017 hasta abril de 2018, donde se evaluaron los parámetros. Los ICA promedio fueron 0,62 y 0,86, en temporada de invierno se presenta un ICA de 0,62, es decir, una calidad regular obligando a un mayor tratamiento; por otro lado, en temporada de verano el ICA fue de 0,86 con una calidad de agua aceptable, por lo que se plantea condiciones favorables para el tratamiento de los sistemas de potabilización. Este antecedente es útil para plantear los rangos permisibles de aceptabilidad en la calidad de un cuerpo hídrico y la finalidad para que este puede ser utilizado.

Asimismo, Caho Rodríguez & López Barrera, (2017). En su artículo **“Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI”** realizaron un estudio al cuerpo de agua con la finalidad de evaluar la calidad del agua en ella por medio de la utilización de parámetros fisicoquímicos con referente al lugar y tiempo, donde se analizó una comparación medio espacial entre agosto del 2015 y abril de 2016, en puntos de muestreo localizados en cuatro periodos de tiempo diferentes. El ICA se determinó por medio de las metodologías de cálculo UWQI y CWQI dictada por el IDEAM, dieron como resultado que la mayoría de estos puntos registraron un régimen REGULAR con la evaluación del agua mediante la metodología ICA-UWQI, y un índice POBRE con la metodología ICA-CWQI, concluyendo que este tipo de evaluación del ICA- UWQI es el más calificado para las determinaciones de la calidad de las

aguas y la evaluación de los parámetros fisicoquímicos. Esta investigación es fundamental para dicho anteproyecto porque conforma una amplia y completa gama de seguimientos ante la realización de la evaluación de la calidad del agua aplicando la metodología ICA-IDEAM.

Del mismo modo, resaltamos el estudio de la calidad del agua a nivel local, estipulado en el siguiente trabajo de investigación:

Blanco & Pérez (2020), en su tesis de grado para optar el título de Ingenieros Ambientales y Sanitarios “**Evaluación de la calidad del agua, determinada a través de macroinvertebrados acuáticos implementando índices biológicos y fisicoquímicos, en el balneario hurtado, río Guatapurí, Valledupar-Cesar**” se enfocaron en evaluar la calidad del agua en dicho río implementando un análisis de macroinvertebrados acuáticos ya que son organismos que poseen un ciclo de vida más prolongado y tienen una forma de vida sedentaria, favoreciendo a las variaciones espaciales y temporales de las condiciones ambientales, e índices fisicoquímicos y biológicos del río basándose en el uso de metodologías BWWP (biological monitoring working party), El muestreo se obtuvo de las cuatro estaciones en el río Guatapurí, tomando tres replicas por punto de muestreo con la finalidad de aprovechar la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad del agua en el balneario hurtado. Estos estudios dieron como resultados que en periodos de lluvias el arrastre de sustrato trae consigo arenas fangos y piedras no adecuadas para la presencia de macroinvertebrados, concluyendo que este, es una herramienta adecuada para la evaluación de los cuerpos superficiales al estudiar los componentes del agua con macroinvertebrados. Esta investigación realiza un aporte significativo a nuestro anteproyecto debido a la metodología avanzada utilizada para la determinación de la calidad del agua.

4.2. MARCO TEÓRICO

El estudio de calidad de las aguas superficiales ha traído consigo un sin número de investigaciones y avances en la implementación de medidas preventivas ante posibles contaminaciones de las fuentes hídricas o medidas de riesgo ante la contaminación de la misma, aportando estudios medio ambientales con el fin de dar a conocer las condiciones del agua. No obstante, para comprender la dinámica evaluativa de la calidad del agua, el análisis, las metodologías, las problemáticas, etc., de cada una de ellas, primeramente, será importante conocer la relación entre los conceptos.

Agua

El agua es el elemento más abundante en el planeta y el único capaz de encontrarse en todos los estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso), posee una distribución del 97% perteneciente a los océanos y el resto es agua dulce distribuidos en acuíferos, lagos, vapor atmosférico, embalses, ríos, humedad del suelo, y en los seres vivos; este preciado líquido se desplaza por el planeta gracias al ciclo hidrológico, el cual permite realizar todos los procesos bioquímicos, generando las formaciones de yacimientos naturales como los embalses, escorrentías, etc.; debido al uso que se le da, este elemento suele ser susceptible a sufrir alteraciones en sus propiedades fisicoquímicas y con este, modificar la calidad de la misma, donde la turbiedad, el color, el sabor, oxígeno disuelto y otros componentes, son los que determinan la calidad de dicha agua; es importante la calidad de este ya que el agua constituye el 80% del organismo de los seres vivos, por ende es una sustancia fundamental para la vida en el planeta (Valdivielso, 2020).

Aguas Superficiales

Las aguas superficiales son todas aquellas aguas quietas o que circulan por corrientes en la superficie terrestre, y que proceden de las precipitaciones o por el afloramiento de las aguas subterráneas causando la escorrentía de esta a través de las cuencas Hidrográficas (Miteco, 2015). Cuando esto ocurre, el agua sigue su curso usando la topografía natural hacia ciertas zonas específicas de la corteza terrestre, procreando ríos, arroyos, o en el caso de aguas quietas como lagos, lagunas o embalses (Induanalisis, Aguas subterráneas y superficiales, 2019).

Aguas Subterráneas

Este recurso posee una fracción importante de la masa total de agua del mundo, se almacena en acuíferos, lo cual se encuentran ubicados a diferentes niveles de profundidad por debajo de la superficie, estas agua subterránea fluye por medio de los poros del subsuelo hacia niveles más bajos, que a la vez, pueden surgir yacimientos como manantiales y caudal de base de los ríos por medio de la infiltración; mientras que otra parte de estas aguas subterráneas, son vertidas en cuerpos de agua marinos u oceánicos y otra parte se evapora (Ordoñez, 2011).

Aguas Meteóricas

Según Costa Calheiros, Gomes, & Anco Estrella, (2014) “Las aguas meteóricas son aquellas provenientes del vapor de agua atmosférico que pueden precipitar en forma de neblina, lluvia, helada, nieve, granizo y entre otras formas.” este tipo de aguas son las que más vulnerables y susceptibles pueden llegar a generar cambios en la calidad de estas, una agua meteórica con pH inferior a 5.6 ocasiona que sea un tipo de agua ácido, lo cual significa que se encuentran ácidos fuertes como el ácido sulfúrico, ácido nítrico e incluso ácido clorhídrico, por este motivo, su calidad depende del tratamiento al que se le dé, y este a su vez, dependerá la finalidad a la que sea utilizado, por lo general suelen ser utilizadas para fines de consumo y potabilización, usos varios de aseo, etc.

Cuenca Hidrográfica

Las cuencas hidrográficas es una unidad geográfica e hidrográfica de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con uno o varios causes, ya sean continuos o intermitentes que puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (Decreto 1729, 2002). Estas son de gran importancia influyen en la dinámica influyen en la dinámica ecosistémica por medio de las áreas que tienen interacción entre el agua, suelo, clima y vegetación, a la vez, de acuerdo a su oferta, calidad y distribución suple las necesidades básicas para el hombre y sus actividades. (Faustino, J. & Jiménez F., 2000)

Una cuenca cuenta con tres zonas, donde está la cuenca alta (Cuenta con áreas montañosas, laderas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas), cuenca media (Ubicación de valles y en donde el río principal mantiene un cauce

definido) y, por último, la cuenca baja (Ocurre sedimentación, disminución de caudal, la desemboca a ríos mayores) (Ordoñez, 2011).

Calidad del agua en aguas superficiales

La calidad de las aguas es modificada por causas naturales, como alteración del ciclo hidrológico y causas antropogénica a través de la contaminación (Miteco, 2015). El vertimiento de determinadas sustancias a las aguas superficiales, generan una influencia negativa sobre la aptitud del agua para satisfacer determinados usos u objetivos de calidad; la cantidad y calidad de agua van relacionadas, ya que las fuentes superficiales son sometidas a intensa presión de usos, lo cual, hace que se planteen problemas medioambientales, propiciando el deterioro de la calidad de las fuentes de abastecimiento de agua; la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura (Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

La calidad de las aguas es un tema complejo, iniciando porque las capacidades de las diferentes metodologías, informar sobre el carácter cualitativo del recurso hídrico son muy diversas; la calidad de las aguas delimita las aptitudes del agua afecta la caracterización ambiental de la corriente superficial, hasta la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, además de atenderlas condiciones de los ecosistemas y de las demandas (Miteco, 2015).

Parámetros Físicoquímicos

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal; el método de los parámetros físico-químicos consiste en un análisis rápido y con un monitoreo frecuente, además de permitir una evolución de los diferentes tipos de uso en comparación a otros métodos, las variables proporcionan una gran cantidad de datos, que requiere de una interpretación cuidadosa para determinar su valoración en la calidad del agua (Samboni Ruiz, Carvajal Escobar, & Escobar, 2007).

Los parámetros reflejan la razón por la cual puede estar contaminada el agua, por ejemplo, un porcentaje alto de oxígeno disuelto e incremento en la conductividad eléctrica puede ser a causa de vertimiento doméstico de asentamiento humanos grandes, vertimientos

industriales o arrastre de sedimentos, por otro lado, parámetro como el pH puede ser modificado por causas naturales por composición geoquímica del suelo y causas antropogénica por vertimientos (IDEAM, 2010).

Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA)

“El indicador determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua y, en alguna medida, permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico” (IDEAM, 2010), esto permite conocer el estado del cuerpo del agua, las potencialidades y limitaciones de la corriente para sus usos.

El índice de calidad del agua es un valor numérico que califica la calidad del agua de un cuerpo superficial en cinco variables, las cuales se van registrando en una estación de monitoreo; el indicador de calidad de agua refleja las condiciones fisicoquímicas de una corriente de agua, además de reconocer problemas de contaminación de manera periódica en un intervalo de tiempo específico, volviéndose una herramienta útil para la evaluación de la calidad del agua; este monitoreo permite identificar las potencialidades y limitaciones en el uso del agua (IDEAM, 2020; Torres, Cruz, & Patiño, 2009).

El valor número calculado por el indicador, el cual tiene un rango de 0 a 1, se clasifica de acuerdo a las tablas de categorización permitiéndose clasificar la calidad del agua de forma descriptiva en una de cinco categorías (buena, aceptable, regular, mala o muy mala), asociando estas categorías con un determinado color (azul, verde, amarillo, naranja y rojo, respectivamente), con el objetivo de simplificar su interpretación frente a la toma de decisiones por cuenta de las diferentes autoridades (IDEAM, 2020).

4.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Afluente:** Según el concepto de Banrepcultural (Banco de la Republica de Colombia, 2018) es una “aceptación hidrográfica referente al arroyo, riachuelo, o subafluente que vierte sus aguas en el lecho de un río de mayor tamaño o río principal”, es decir, una fuente tributaria desemboca sus aguas en otro principal; un afluente juega un papel importante en las cualidades hídricas del río principal, ya que ocurre intercambio de características entre los distintos cauces.
- **Conductividad Eléctrica (CE):** Medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición para la conducir las corrientes eléctricas (IDEAM., 2006).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es una prueba utilizada para determinar el contenido de materia orgánica de una muestra de agua, es decir, equivale a la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua, bajo condiciones específicas de un agente oxidante, temperatura y tiempo (Gualdrón, 2018).
- **Oxígeno disuelto (OD):** Indica la cantidad de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua, el cual es necesario para la respiración de los microorganismos y demás formas de vida aerobia; este parámetro da un indicativo de la contaminación del agua y del soporte que está puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal (IDEAM, 2004; Gualdrón, 2018).
- **Potencial de Hidrogeno (pH):** Indica el grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua, este parámetro causa variación en la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e influye en el grado de toxicidad de ciertos compuestos, se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. (Gualdrón, 2018).
- **Precipitación:** Es cualquier agua meteorológica recogida sobre la superficie de la tierra, que ocurre cuando el vapor de agua se condensa en el aire y cae como líquido o sólido a la superficie del suelo (IDEAM, 2020). Son importante para renovar los recursos hídricos, ser responsable de las condiciones climáticas y la biodiversidad locales, además de alimentar

ríos o lagos, recargar los suministros de aguas subterráneas o volver a la atmósfera por evaporación (Green Facts, 2009).

- **Río principal:** Es aquel curso con mayor caudal o el más largo, donde el curso va desde su nacimiento hasta su desembocadura; desde la desembocadura de sus aguas a un área, zona hidrográfica o unidad de menor jerarquía hasta el punto más alto (cabecera) donde se presenta escorrentía superficial (IDEAM, 2013; Ordoñez, 2011).
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Es la presencia de partículas orgánicas e inorgánicas que se encuentran en suspensión en una columna de agua superficial, estas partículas provenientes de los restos de animales, plantas marinas y material doméstico e industrial; la reducción de la claridad del agua se le atribuye a la presencia de sólidos suspendidos (IDEAM, 2007).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

Este proyecto se efectuará en la cuenca media del río Cesar, el cual se encuentra ubicado en el departamento del Cesar; este río nace en la sierra nevada de santa marta y desemboca en la ciénaga de Zapatosa y de ahí al río magdalena, recorriendo 280km de distancia en los cuales atraviesa once municipios (San Juan del Cesar, Villanueva, Urumita y La Jagua del Pilar en La Guajira; y Valledupar, San Diego, La Paz, El Paso, Astrea, Chiriguaná y Chimichagua en el Cesar), ocupando el río Cesar un área de drenaje aproximada de 22 931 km² y teniendo una distribución del 65% de la cuenca en el departamento del Cesar y el 35% en el departamento de la Guajira (Guzmán, 2013).

Figura 1:

Mapa Hidrográfico Departamento del Cesar.



Fuente: Ministerio de Transporte –Plan vial Departamento del Cesar (2019).

El cauce que atraviesa la ecorregión del valle del río Cesar, genera grandes actividades antrópicas que propician excelentes ingresos al departamento, con suelos de alta productividad,

generan un beneficio en sus tierras permitiendo el cultivo de arroz, maíz, algodón, café, cacao, plátano, aguacate y palma de aceite, y añadiendo a esto, la ganadería, la agroindustria, la pesca y la minería son unas de las actividades principales que propician un desarrollo socioeconómico del departamento del Cesar (Universidad del Atlántico, 2013).

La cuenca del río Guatapurí es un afluente del río Cesar, por lo tanto, se vuelve un punto importante de estudio teniendo en cuenta que lo que ocurre en todo el recorrido de la cuenca va a modificar las condiciones de la cuenca media del río Cesar, por tal motivo se tendrá en cuenta el balneario Hurtado, ubicado en la ciudad de Valledupar, capital del departamento del Cesar (CORPOCESAR, 2018).

Por su parte, Valledupar al estar localizada entre el valle del río Cesar, permite el libre tránsito del afluente hídrico más reconocido y popularizado por los valduparenses, el río Guatapurí, siendo este, el más importante para la ciudad vallenata, al propiciar grandes ingresos económicos por parte de las diversas actividades antrópicas realizadas en dicho afluente, que a la vez trae consigo, el incremento poblaciones asentadas en las orillas de este río (Colombia Travel, 2019).

Por otro lado, en las laderas del río Cesar se encuentra en la estación puente salguero entre los municipios de San Diego y La Paz, la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARsalguero), el cual, es la principal y única planta de tratamiento disponible en esta localidad y fundamenta el tratamiento de todas las aguas servidas en el municipio de Valledupar. Del mismo modo, pese a que Valledupar al no ser una ciudad industrializada, se encuentra la planta procesadora de productos lácteos (DPA) más importante de la zona, siendo esta, la de mayor producción y de productos en todo el departamento.

4.5. MARCO LEGAL

Tabla 1:

Normativas Políticas Colombianas

Constitución política, Leyes, Decretos, Resoluciones, Acuerdos, Ordenanzas	Artículo	Descripción
Constitución política de 1991	79° y 80°	En ella se plasman los reglamentos de protección, conservación, restauración o sustitución de toda biodiversidad ambiental y los recursos naturales.
Ley 99 de 1993	1° y 4°	Se expresan los principios de protección al medio ambiente, las políticas medio ambientales, con la finalidad de gestionar la conservación de los recursos naturales con relación a su normativa.
Decreto 475 de 1998	4°	Plantea que todas las personas prestadoras de servicios deben hacerse responsables por el cumplimiento de las normas de calidad del agua potable y garantizar la calidad de esta en todas las épocas y en cualquier punto que pertenezca al sistema de distribución.

Decreto 1575 de 2007	1°	En ella se establece el sistema de protección y control de calidad del agua, con la finalidad de prevenir, monitorear y controlar los riesgos para la salud humana por su consumo en mala calidad.
Decreto 3930 de 2010	19°	En él se expresan los criterios de calidad del agua por medio del conjunto de parámetros y sus valores utilizados para la asignación del agua como fuente del ordenamiento del recurso hídrico
Decreto 1076 de 2015	2.2.1.1.18.1°	En este se plantea la conservación y preservación del recurso hídrico con relación al uso y aprovechamiento que se le dé a este recurso natural.
Resolución 0631 del 2015	1°	En este se plantea los valores y parámetros permisibles en el vertimiento sobre los cuerpos de aguas superficiales.

Fuente: Autores (2022).

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto se desarrollará en la línea de investigación adoptada por la facultad de ingeniería y tecnológicas de la Universidad Popular del Cesar en el programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria **“Sostenibilidad y Gestión Ambiental”** y en la sublínea de investigación **“Gestión integral del recurso hídrico”**.

5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto posee un enfoque de índole cuantitativo, al efectuarse por medio de un conjunto de procesos que permitirán evaluar de forma genérica la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar, estos procesos se irán desarrollando de forma secuencial a través de la metodología aplicada y propuesta por el IDEAM.

5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El emplear el índice de la calidad del agua en el estudio de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca media del río Cesar conlleva un tipo de investigación de tipo exploratoria y correlacional, al considerar un estudio y evaluación sobre un tema poco abordado por investigaciones pasadas y determinar variables poco estudiadas o desconocidas en la cuenca; y a la vez esta estará asociada a una correlación entre parámetros o variables a medir con respecto a la evaluación de la calidad del agua en la intercuenca (Hernández, Fernández & Baptista., 2014).

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La presente investigación posee como población de estudio la fuente hídrica superficial de la cuenca media del río Cesar en el cual se descargan los vertimientos contaminantes provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARsalguero) del municipio de Valledupar, y las aguas residuales vertidas por parte de la empresa procesadora de lácteos.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional serán los puntos de muestreos estratégicos en donde se tomarán los muestreos de aguas de la cuenca media del río Cesar, estos puntos se ubicarán teniendo como referencia el corregimiento de Guacoche, balneario Hurtado, Tarullal, puente Salguero, las Pitillas, los Calabazos.

5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Al emplear un tipo de investigación descriptiva corresponde a la recolección de datos e informaciones sobre las características y propiedades, con el propósito de responder preguntas concernientes a una determinada situación (Nieto, 2012) y un tipo correlacional implica un nivel de investigación transversal.

Esta investigación se caracteriza por recolectar datos de los muestreos en determinados periodos de tiempo en donde se podrán analizar las variables determinadas en función de sus características, composición o estructura en evaluación y el análisis de los parámetros fisicoquímicos y la obtención de la calidad del agua aplicando el índice de calidad (Huaire, 2019).

5.7. DESARROLLO METODOLÓGICO

Etapas 1: Identificación de los puntos de muestra y análisis de los parámetros.

En esta etapa se identificó la zona de estudio, los puntos de muestreo, las tomas de muestras, así como también, el análisis de los parámetros establecidos por el IDEAM, por tal motivo se hizo indispensable separar esta etapa en 3 actividades independientes pero que trabajan conjuntamente para desarrollar la primera etapa a cabalidad.

Actividad 1.1: Identificación de la zona de estudio, y puntos de muestreo.

Esta investigación tuvo como zona de estudio la cuenca media del río Cesar, además de uno de sus afluentes que fue la cuenca baja del río Guatapurí, localizadas en el Departamento del Cesar, en el cual, se ubicaron 6 puntos de muestreo; dos de ellas localizadas en la cuenca baja del río Guatapurí, en las cuales, la primera estuvo ubicada aguas arriba, después del puente del Balneario Hurtado y la segunda localizada cerca de la antigua planta de tratamiento de aguas residuales Tarullal, por otro lado, los otros 4 puntos de muestreo se localizaron en el río Cesar; el primero se localizó antes de la desembocadura del río Guatapurí, tomando como referencia el corregimiento de Guacoche, el siguiente punto se encontró en el puente salguero después del vertimiento de las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR salguero); el tercero, teniendo como referencia el corregimiento las pitillas, y el último punto de muestreo se tomó como referencia el corregimiento los Calabazos. Cabe recalcar que todos estos puntos estuvieron georreferenciados por medio de GPS y estos

muestreos se realizaron 2 en temporada de invierno y 2 en temporada de verano con el fin de recolectar 4 lotes de muestreos.

Actividad 1.2: Toma muestra.

Una vez de haber localizado los puntos de muestreo, se procedió a realizar la toma de muestra en estos lugares, para esta actividad se trabajó conjuntamente con el manual de toma y preservación de muestras del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en el cual se realizó un muestreo de tipo simple o puntual al recolectar las muestras en un punto definido (punto de muestreo ya establecido) y durante un periodo corto de tiempo, la utilización de este tipo de muestra es idóneo para determinar cuantitativamente las características fisicoquímicas y microbiológicas de estos puntos, de tal manera que, estas puedan ser analizadas en el laboratorio lo más pronto posible (IDEAM, 2020). Para la toma de muestra, se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Como primera instancia, se tomó una muestra de agua con ayuda de recipientes de plásticos (estos ya deben estar preparados y esterilizados antes de la toma de muestra, se pueden lavar estos recipientes con agua desionizada para su limpieza), en donde, se sumergió el envase en el cuerpo de agua de forma contraria al flujo de este.
- Se cerraron herméticamente los recipientes, de tal manera que esto se encontraran completamente sellado y asegurado para evitar que se abrieran o derramen. Posterior a esto, Se rotularon los envases para la identificación del muestreo, con el lugar de toma, hora, localización, etc.
- Se procedió a preservar y almacenar las muestras en compartimientos idóneos, de tal manera que estos se conservarán a buena temperatura (se usó una cava o cooler para conservar la temperatura) y así asegurarse que llegarán en buen estado al laboratorio de la Universidad Popular del Cesar.
- Al estar almacenada la muestra de forma adecuada, y verificar que estos estuvieran sellados correctamente, se procedió a transportarla en el menor tiempo posible al laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar.
- Una vez estando las muestras en el laboratorio, se procedió a trabajar con esta.

- Por otro lado, se analizaron directamente en el cuerpo de agua los parámetros in situ, como el pH, la temperatura del agua, conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto.

ACTIVIDAD 1.3: Análisis de los parámetros.

Al tener las muestras en el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, y por medio de la caracterización de los muestreos, se procedió a determinar los diferentes parámetros fisicoquímicos a estudiar teniendo como base los planteados por el Instructivo IS0174. Documentación de la Calidad Sistema de Calidad del Laboratorio del IDEAM (ICA-IDEAM), estos parámetros fueron:

- **Sólidos suspendidos totales (SST):** Para este procedimiento se utilizó el método gravimétrico propuesto por la subdirección de Hidrología del IDEAM (Código: TP0088) en su 3ra versión, el cual va a consistió en la retención de sólidos o partículas suspendidas presentes en el agua por medio de un filtro de fibra de vidrio, en donde las partículas retenidas, se secaron a 103-105°C y el aumento del peso este filtro con respecto a su peso inicial, correspondió a la cantidad de sólidos suspendidos totales. Para este procedimiento se utilizaron los siguientes materiales:
 - Muestra de agua.
 - Filtro de fibra de vidrio.
 - Desecador
 - Probetas graduadas.
 - Crisol.
 - Pinzas.
 - Sistema bomba de vacío.
 - Balanza analítica.
 - Horno

Procedimiento: Antes de efectuar este procedimiento, fue de suma importancia tener todas precauciones de seguridad dictadas por la Universidad Popular del Cesar para evitar algún accidente dentro del laboratorio, para esto, se utilizaron los equipos de protección adecuados

como lo fueron la bata de laboratorio, guantes, gafas de seguridad, etc., luego de esto, se procedió a determinar los sólidos suspendidos totales.

- Como primera instancia se lavó el crisol con agua destilada, se tomó el filtro de fibra de vidrio y este se colocó dentro del crisol ya lavado (teniendo en cuenta que la parte más corrugada de esta fibra quede encima, y verificar que los huecos del crisol estuviesen totalmente sellados).
 - Consecuente a esto, se programó el horno a una temperatura de 105°C, se introdujo el crisol y se esperó una hora para que este se secase, pasado este tiempo, se sacó el crisol y se dejó en reposo en el desecador por 10 min.
 - Posterior a esto, se llevó el crisol tarado a la balanza analítica para anotar su peso (se debe verificar que la balanza este en mg).
 - Por otro lado, se debe tener la muestra de agua totalmente homogenizada, para esto se agitó el envase que lo contiene, y se aforó la probeta con el agua de la muestra.
 - Posterior esto se colocó el crisol en encima de la bomba de vacío ya previamente encendida, y poco a poco se fue vertiendo el contenido de la probeta en el crisol.
 - Al finalizar el procedimiento anterior, se observó las partículas que quedan atrapadas en el filtro, luego de esto, se procedió a llevar el crisol nuevamente al horno (esta vez con un tiempo de 30 minutos).
 - Pasado este tiempo, se realizó nuevamente el procedimiento inicial, llevando el crisol al desecador y posterior a esto a la balanza analítica.
 - La diferencia del peso final del crisol con respecto a su peso inicial, correspondió al valor de los sólidos suspendidos totales presentes en la muestra de agua.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Para la determinación de este parámetro, se utilizó el método titulométrico empleado en la subdirección de Hidrología del IDEAM (Código: TP0086) en su quinta versión, para esto, se utilizaron ciertos equipos y reactivos, estos fueron:

Equipos y materiales:

- Termoreactor.
- Agua de muestra y agua destilada.
- Tubos de ensayo y gradilla de enfriamiento.
- Pipetas.
- Erlenmeyer.
- Bureta digital

Reactivos:

- Solución catalizadora: Ácido sulfúrico con pureza de 99.5%.
- Solución digestora: Dicromato de potasio con pureza al 99.5%.
- Sulfato de ferroso amoniacal (FSA).
- Reactivo indicador: Ferroina

Procedimiento: Al trabajar con un procedimiento el cual desprende calor, fue de suma importancia contar con las medidas de seguridad adecuadas.

- Como primera instancia se rotularon los tubos de ensayo, especificando (B) como la muestra blanco, y (M) como el tubo que contiene la muestra de agua.
- Para la muestra en blanco, se agregaron 3ml de agua desionizada, 3ml de solución digestora, y 3ml de solución catalizadora, para esto se hizo uso de pipetas, el cual permitieron medir y tomar los reactivos y depositarlos en el tubo de ensayo; posterior a esto, se agitó levemente el tubo de ensayo para homogenizar la mezcla preparada.
- Del mismo modo, se hizo para el otro tubo de ensayo (M), pero con la diferencia que, para este, se le agregó la muestra de agua caracterizada de los puntos de muestreo, fue necesario tener totalmente homogenizada las muestras de agua, y se procedió a ejecutar el paso anterior.
- Se programó el termoreactor, calibrando a este para que opere a una temperatura de 150°C en 120 minutos, y se colocaron los tubos de ensayo que contienen la mezcla preparada anteriormente; pasado este tiempo, se dejaron los tubos de ensayo en reposo en una gradilla.

- Se rotularon 2 Erlenmeyer de la misma manera como se rotularon los tubos de ensayo, y se vertieron completamente el contenido de cada uno de los tubos de ensayo, en cada Erlenmeyer correspondiente.
- Posterior a esto, se ejecutó el procedimiento de titulación, para esto se necesitó un reactivo indicador el cual será la Ferroina.
- Se agregaron 5 o 6 gotas a cada uno de los Erlenmeyer el reactivo indicador; se preparó y calibró la bureta digital teniendo en cuenta que, en la pantalla de este, se registrara un valor de 0 para asegurar que en los resultados no haya alguna alteración o haya aire en el equipo, esta bureta tuvo por dentro contenido sulfato ferroso amoniacal (FAS) a una concentración de 0.05N.
- Se comenzó titulando la muestra blanco, con el vertimiento de pequeñas gotas por parte de la bureta digital, y mientras estas gotas caían, se iba agitando el Erlenmeyer que contiene la mezcla.
- Al caer las gotas de FAS y al agitar simultáneamente la mezcla, esta iba tomando diversos colores y a la vez se registraba en el tablero digital el contenido de volumen vertido de FAS; de la misma manera se hizo para la otra muestra (M).
- Para este procedimiento, se deseaba obtener como resultado una coloración rojiza o naranja en todas las muestras, por ende, se agitaron la mezcla hasta que este tomara dicha coloración.
- Cuando en ambas muestras se obtuvieran la coloración deseada, se registraba el contenido consumido de FAS en cada una de las muestras, y se analizaba la diferencia del consumo entre cada muestra.
- El mayor consumo del indicador, expresa el consumo de oxígeno por parte de presencia de material químico presente en el agua.

Los otros 3 parámetros: **pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto**, se midieron en campo o in situ mediante la utilización del equipo portátil HQ40D de Hachon, el cual posee 3 sensores, un sensor determinó el pH, otro sensor de conductividad eléctrica, y el tercero para determinar el oxígeno disuelto. Para la utilización de este equipo, primero se armó y se calibró este equipo para poner en marcha su funcionalidad; al solo contener 2 puertos para conectar los sensores, primero se colocan 2 sensores y después el otro.

Una vez calibrado el equipo, se introdujeron los sensores directamente en el cuerpo de agua, y a su vez, en zonas donde se dificultaba poner las sondas directamente en el cuerpo de agua, se tomó una porción de esta agua con ayuda de un recipiente y luego en él, se introdujeron los sensores; posterior a esto, se leyeron y registraron los datos marcados de pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica en la pantalla del equipo. Cuando se terminó el procedimiento, se lavaron los sensores con agua desionizada, y se guarda el equipo de manera correcta en su equipaje.

Etapas 2: Determinación de la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar, mediante los índices de calidad de agua (ICA) aplicado por el IDEAM.

Al finalizar la determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua en la etapa 1, se procedió a aplicar la metodología ICA propuesta por el IDEAM, recomendada por Torres Pineda, Patacón Pedraza, & Agudelo Ariza (2020), en donde, cada variable se determinó de manera cuantitativa para que posterior a esto, se pueda calcular el índice de calidad del agua; esta etapa se efectuó en 4 actividades de tal manera que al finalizar se pudiera obtener el índice de la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar.

Actividad 2.1: cuantificación de cada uno de los parámetros.

- **Oxígeno disuelto (OD):** Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas, para esto se tuvo en cuenta el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PS_{OD}). Esta se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$PS_{OD} = \frac{Ox \cdot 100}{C_p}$$

Donde:

Ox: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de re oxigenación.

C_p: Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Seguido a esto, se calcula el índice consolidado teniendo en cuenta el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto calculado con la formula anterior, I_{OD} se calculó mediante la siguiente formula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0.01 * PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor a 100%, se utiliza la siguiente formula:

$$I_{OD} = 1 - (0.01 * PS_{OD} - 1)$$

- **Sólidos suspendidos totales (SST):** la presencia de estos sólidos representa un cambio en el estado de las condiciones hidrológicas en el afluente hídrico, y esto se debe a los vertimientos, procesos erosivos u otros factores, esta está relacionada directamente con la turbiedad del agua, se calculó el subíndice de calidad para solidos suspendidos totales con dicha ecuación:

$$I_{SST} = 1 - (-0.02 + 0.003 * SST)$$

Si $SST \leq 4.5$. entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$. entonces $I_{SST} = 0$

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** este parámetro refleja la presencia de sustancias químicas en el agua, susceptibles a oxidarse por factores ácidos y de temperatura, representa en su mayoría a la materia orgánica presente en el agua, este se calculó por medio de las adaptaciones propuestas por la Universidad Politécnica de Catalunya por medio de la siguiente relación:

- Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0.91$
- Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0.71$
- Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0.51$
- Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0.26$
- Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0.125$

- **Conductividad eléctrica (C.E):** es un factor que está íntimamente relacionada con el contenido de cationes y aniones presente en el agua y refleja la mineralización. Esta se calculó de la siguiente manera:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3.26+1.34\log 10C.E.)}$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

- **pH:** mide la acidez, basicidad o neutralidad de un cuerpo de agua, esta se determinó de la siguiente manera:

si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0.1$

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0.02628419 * e^{(pH*0.52025)}$

Si $7 \leq pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

Si $8 \leq pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 * e^{[(pH-8)*-5187742]}$

Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0.1$

ACTIVIDAD 2.2: Índice de calidad por variable

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

Dónde:

ICAnjt: Es el Índice de Calidad del Agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

Wi: Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

Iikjt: Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada k, del período de tiempo t.

n: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5 dependiendo de la medición del ICA seleccionado

la medición del ICA seleccionado.

Tabla 2:
Variables del ICA y sus ponderaciones

VARIABLE	UNIDADES	PESO DE IMPORTANCIA 1
Oxígeno Disuelto – OD	% Saturación	0,2
Sólidos Suspendidos Totales – SST	mg/L	0,2
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg/L	0,2
Conductividad Eléctrica – CE	uS/cm mg/L/mg/L	0,2
pH	Unidad de pH	0,2

Fuente: Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA), IDEAM (2010).

ACTIVIDAD 2.3: ICA promedio

$$ICA \text{ Promedio}_{njt} = \frac{\sum_{k=1}^m (\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt})}{m}$$

Dónde:

m: Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador. $1 \leq m \leq 4$ si el periodo es anual.

ACTIVIDAD 2.4: Interpretación

De acuerdo al valor del ICA que se determinó, este indicador se clasificó en categorías. De acuerdo a ellos se calificó la calidad del agua de las corrientes superficiales, a la cual se le ha asociado un color como señal de alerta.

Tabla 3:

Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

Categorías de valores que puede tomar el indicado	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Roja
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarilla
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

Fuente: Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA), IDEAM (2010).

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. ANALIZAR LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS COMO EL PH, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, OXÍGENO DISUELTUO, SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEL RÍO CESAR.

En esta primera etapa se efectuó la parte preliminar y primaria del proyecto, en el cual se realizaron 3 actividades, los muestreos se tomaron y reservaron de acuerdo a las especificaciones por el IDEAM y se siguió la hoja de ruta del IDEAM para la determinación de los parámetros físicoquímicos en el laboratorio.

6.1.1. Actividad 1: Identificación de la zona de estudio y puntos de muestreo.

La zona de estudio fue la cuenca media del río Cesar, este participa de forma convergente ante las dinámicas antrópicas y naturales efectuadas aguas arriba y hacia las desembocaduras de las fuentes hidrográficas de la cuenca baja del río Cesar, este afluente dentro de su concesión, incorpora actividades comerciales, agroforestales, ganaderas, turísticas, etc. lo que hace que las aportaciones ante el río circundante a la cuenca, sea propenso a sufrir alteraciones (Guzmán, 2013), además en la cuenca media del río Cesar participa un afluente tributario que es la cuenca baja del río Guatapurí, este, según él (POMCA, 2019), menciona que este pertenece a la Macrocuenca Magdalena-Cauca que se encuentra ubicado en la región norte del departamento del Cesar, sobre el flanco suroriental de la sierra nevada de Santa Marta, a su paso por Guatapurí recoge aportes de afluentes como los ríos Cuncharamaque, Surivaquita, Mamingueca, Los Mangos y Capitanejo. Es por esto, que en este proyecto se ubicaron estratégicamente puntos de muestreo repartidos de la siguiente manera: En el río Cesar se tomaron 4 puntos de muestreo (comprendido por 58.3km), por otro lado, en la Inter cuenca baja del río Guatapurí se tomaron 2 estaciones de muestreo (comprendido por 16.87km) con un trayecto total de 75.17km, entre las temporadas de sequía y lluvias de junio de 2022 a marzo de 2023. Los puntos de muestreo fueron ubicados estratégicamente por medio de georreferenciación y están distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4:
Puntos de Muestreo en el río Cesar y río Guatapurí.

Cuerpo de agua	Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas
Cuenca media del río Cesar	PT01	Guacoche	10°29'31.93" N
			73° 9'53.66" W
Cuenca baja del río Guatapurí	PT02	Balneario Hurtado	10° 30' 4.98" N
			73° 16' 13.23" W
			10° 27' 16.87" N
Cuenca media del río Cesar	PT03	Tarullal	73° 13' 5.05" W
			10°23'0.71" N
			73°13'55.59" W
Cuenca media del río Cesar	PT04	Salguero	10°19'44.74" N
			73°14'55.38" W
			10°14'33.29" N
Cuenca media del río Cesar	PT05	Pitillas	73° 16'45.98" W
			10°14'33.29" N
Cuenca media del río Cesar	PT06	Calabazos	73° 16'45.98" W
			10°14'33.29" N

Fuente: Autores, 2023.

6.1.2. Actividad 2: Toma de muestra y Análisis de los parámetros fisicoquímicos.

En esta actividad, se conjugó la toma de las muestras de agua y el análisis de los parámetros fisicoquímicos in situ de parámetros como el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, y porcentaje de saturación y ex situ (analizados en laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar), se determinaron el complemento de los parámetros fisicoquímicos como lo fue la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST).

Ante la obtención de los parámetros fisicoquímicos in situ y ex situ, se determinaron los valores de dichos parámetros presentes en la cuenca, donde, ahora se realizará una comparativa ante el componente legal que determina los parámetros permisibles que debe presentar un cuerpo de superficial.

-Temporada de invierno: Durante esta temporada comprendida de junio a octubre de 2022 se registraron los resultados de la Tabla 5, especificando las mediciones obtenidas. Entre los rangos de datos destacados se encuentra sólidos suspendidos totales con una variación de 4 a

445 mg/L entre sus datos máximo y mínimo; al igual del parámetro de conductividad, que varía entre 79 y 308 uS/cm. Por otro lado, parámetros como pH, DQO y oxígeno disuelto los resultados no mostraron gran diferencia de valor entre ellos.

Tabla 5:

Resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos en temporada de lluvia.

Punto de Muestreo	Valores	Parámetros fisicoquímicos					
		pH	Conductividad	DQO	OD	SST	
		---	uS/cm	mg/L	mg/L	%Saturación	mg/L
PT01	Max	7,4	231	60	7	75	75
	Media	7,11	208	40	6,3	73,5	56,667
	Min	6,82	185	20	5,6	72	38,333
PT02	Max	7,22	79	160	7,4	88	30
	Media	6,695	70,5	110	7,1	82	18
	Min	6,17	62	60	6,8	76	6
PT03	Max	6,98	129	80	6,2	83	25
	Media	6,74	96,5	70	5,55	71,5	14,5
	Min	6,5	64	60	4,9	60	4
PT04	Max	7,66	308	200	5,5	64	85
	Media	7,57	254,5	180	4,8	59	66
	Min	7,48	201	160	4,1	54	47
PT05	Max	7,63	288	160	4,6	58	140
	Media	7,605	241,5	130	4,3	53,5	80
	Min	7,58	195	100	4	49	20
PT06	Max	7,51	285	140	4,7	61	445
	Media	7,405	248	95	3,95	52	233,334
	Min	7,3	211	50	3,2	43	21,667

Fuente: Autores, 2023.

Los valores de los parámetros que más tuvieron variación fue SST, la erosión en las riberas es una fuente de sólidos que arrastran las aguas, el punto de muestreo de los calabazos registro su valor máximo de 445 mg/L y presenta una media de 233,334, incurren con la norma colombiana (Resolución 0631 de 2015), donde SST no debe superar los 100 mg/L; al igual que las pitillas solo en su valor máximo que alcanza los 140 mg/L. Lo cual se puede deber a que en la zona hay poca cobertura vegetal y al aumentar el caudal en la temporada de lluvia ocurre un arrastre de materiales, adicionalmente a la perturbación de la flora y fauna, cabe destacar que el río Cesar se destaca elementos como arena, arcillas, madera, entre otros (IDEAM, Ministerio de Ambiente, 2014; Ortega J. , 2017).

Se pudo observar que durante esta temporada que, salguero al ser un puntual focal de vertimiento de agua residual por parte de la PTAR salguero, los parámetros físicos y químicos se encontraron dentro de los valores permisibles, a excepción de DQO sobrepasan valores de 100 mg/L, alcanzando una media de 180 mg/L representando por la alta carga de materia orgánica en las aguas del río, demostrando que probablemente hay una sobre tasa de vertimiento, también las pitillas que tiene una media de 130 mg/L, las razones puede ser la cercanía con el punto de salguero (Universidad del Atlántico, 2013), sin embargo, la PTAR no presenta mayores aportes negativos a la corriente superficial.

Por otro lado, de forma genérica, al observar los resultados de los parámetros de los 6 puntos de muestreo, se determinó respecto a la normativa colombiana y a excepción de los valores mencionados, los valores no presentan un aporte de cargas contaminantes significativo al cuerpo de agua.

-Temporada de verano: Este periodo inició a mediados de diciembre a finales de marzo del 2023 y está reportado en la Tabla 6. El rango de conductividad fue 87-818 uS/cm, los demás parámetros fisicoquímicos no presentaron gran variación en sus rangos.

Tabla 6:
Resultados de los análisis de los parámetros físico-químicos en temporada de sequía.

Punto de Muestreo	Valores	Parámetros fisicoquímicos					
		pH	Conductividad	DQO	OD	SST	
		---	uS/cm	mg/L	mg/L	%Saturación	mg/L
PT01	Max	7,58	818	187	5,7	69	16,133
	Media	7,435	669,5	153,5	5,3	64,5	16,067
	Min	7,29	521	120	4,9	60	16
PT02	Max	7,81	87	100	6,3	77	12
	Media	7,595	86,5	90	4,2	50,5	7,267
	Min	7,38	86	80	2,1	24	2,533
PT03	Max	6,34	165	200	9,3	113	9,333
	Media	5,995	160,5	140	7,15	93	6,667
	Min	5,65	156	80	5	73	4
PT04	Max	7,29	646	260	5,6	76	45,333
	Media	7,175	590,5	230	3,75	50	27,667
	Min	7,06	535	200	1,9	24	10
PT05	Max	7,43	687	227	7,4	100	36
	Media	7,345	601	173,5	6	80,5	19,867
	Min	7,26	515	120	4,6	61	3,733
PT06	Max	8,04	609	147	12,1	182	14,667
	Media	7,85	549,5	93,5	10	147	12,734
	Min	7,66	490	40	7,9	112	10,8

Fuente: Autores, 2023.

Los valores elevados de DQO (>100 mg/L) generan una disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua, las estaciones de monitoreo durante la temporada seca registraron datos que oscilaron entre 40 a 260 uS/cm, donde Guacoche, Tarullal, Salguero y las Pitillas reportaron en su media las mayores demanda; esto puede deberse que luego de la

temporada de lluvias, los caudales disminuyeron y la materia orgánica junto la carga contaminante se concentró en la fuente, por otra parte, en Salguero adicionalmente se vierten las aguas procedente de la PTAR quedándose la corriente superficial con poca agua para lograr la disolución de las cargas registrando la media más elevada de la temporada (230 mg/L) y seguida de las pitillas (173,5 mg/L), en la cual en su recorrido no logran aún la disolución (Guoyu, Ren , Yang, & Jie, 2019).

En los muestreos realizados, la norma informa que los valores mínimo permisible para OD es 3 mg/L y, sé evidencio que los puntos ubicados en salguero y balneario Hurtado presentaron un bajo contenido de oxígeno disuelto, con valores mínimos de 1.9 y 2.1 mg/L respectivamente, esto se puede atribuir a las descargas de aguas residuales, la alta concentración de materia orgánica el cual aporta compuestos que son de difícil degradación biología; en el caso de salguero se pudo observar en campo una gran concentración de espuma sobre la superficie del cuerpo de agua superficial receptor, esto puede ser causado, a la poca e ineficiente depuración de materia biológica procedente de jabones y a fines, que causa estos efectos sobre el agua del cuerpo receptor (Emdupar, 2023).

Es posible realizar un análisis entre la variabilidad de los parámetros fisicoquímicos con respecto al lugar y temporada, donde puede observar que, los valores de oxígeno disuelto para la temporada de invierno, estuvieron comprendidas entre un rango de 4 y 7.4 mg/L, mientras que, para la temporada de verano, rangos comprendidos entre 1.9 y 12.1 mg/L, presentándose en esta última una menor cantidad de oxígeno disuelto en la corriente superficial. En el río Cesar la concentración del oxígeno está afectado principalmente por las descargas de aguas servidas que se presentan en el sector del Salguero y balneario Hurtado, donde se observó que las concentraciones de este parámetro disminuyen hasta 1.9 y 2,1 mg/L respectivamente, que puede deberse vertimiento de agua residual por parte de la PTAR Salguero y con respecto al balneario Hurtado, al vertimiento de aguas por parte de actividades de ganadería y agricultura aguas arriba. (Universidad del Atlántico, 2013); (Corpocesar, Min. Hacienda, 2018).

Por otro lado, existe una correlación existente entre el oxígeno disuelto y la demanda química de oxígeno, donde estas en temporada de invierno, presentaron menores valores con respecto a la concentración de estos parámetros en temporada de verano (temporada de invierno: OD oscilante entre 4-7.4 mg/L y DQO oscilante entre 20-200 mg/L, temporada de

verano: OD oscilante entre 1.9-12.1 mg/L y DQO oscilante entre 40-260 mg/L), por lo que se puede inferir que, al tener mayor DQO se genera una disminución de la concentración de oxígeno disuelto en el agua presente en el agua por ser consumido por los procesos de oxidación de la materia orgánica (Ramirez, Restrepo, & Cardeñosa, 1997), con lo anterior, se afirma, que Salguero es el punto donde se concentra la mayor demanda química oxígeno y donde se presenta el menor valor de oxígeno disuelto, esto debido al presentarse descargas puntuales de aguas residuales tratadas provenientes de la PTAR salguero y al encontrarse mayor concentración de materia orgánica que aún no se degradó completamente los procesos unitarios de la planta, ocasionando que el oxígeno disuelto en esta zona, se reduzca al ser consumido por oxidación de la materia orgánica presente en el cuerpo de agua.

Los porcentajes de saturación dieron por debajo de 70% en ambas temporadas (tabla 5 y 7), Carrillo López, Diego, y otros (2022), establece que la relación entre variables determina la cantidad máxima de oxígeno que puede disolverse a ciertas condiciones de temperatura, presión y salinidad, lo que puede proporcionar un 100% de saturación del agua; valores inferiores a los permisibles implican concentraciones bajo el límite de saturación, además que la incorporación de materia orgánica puede resultar en una pérdida de la saturación como resultado de los procesos de oxidación, que se incrementan en la temporada de sequía por la disminución de caudal que provoca una sedimentación de la materia y cargas orgánicas.

Por su parte, el pH en todos los puntos independientemente de la temporada mantuvieron valores neutros, sin embargo, los puntos de la cuenca baja del río Guatapurí presentan valores ligeramente ácidos, la que más resalta es en temporada de sequía con una media de 5,995 en Tarullal; esta ligera acidez se puede deber a las descargas de aguas residuales sin tratar previamente provenientes de los cultivos, además de la minera por extracción de materiales de arrastre (CORPOCESAR, 2018), a pesar de esto, los valores de pH cumplen con el rango estipulado en la normativa Colombiana vigente (6,5 - 9,0).

La temporada de verano, registró los valores de conductividad eléctrica más altos (desde 86 hasta llegar a 818 uS/cm), siendo, las Pitillas el lugar donde se registró el mayor valor entre ambas temporadas, mientras que, en temporada de invierno, se restaron valores oscilantes entre 62 a 308 uS/cm, siendo Hurtado, el punto con el menor valor registrado entre ambas temporadas; estas diferencias se deben a que en periodo seco esta variable tiende a estar

más concentrada por el bajo volumen de agua y el bajo efecto de dilución (Nuñez Garcia & Reyes Barraza, 2016). Es importante resaltar que, la conductividad eléctrica se ve influenciado por la evaporación del agua, los procesos biológicos de degradación, las descargas contaminantes y por factores como la temperatura y el CO₂, así como también, el pH en temporada de verano, a pesar de mantener un régimen casi neutro, obtuvo mayor rango de pH con respecto a la temporada de invierno o de lluvias, esta variabilidad o amplitud del rango del pH puede deberse al poco caudal presente en dicha temporada, lo que ocasiona una mayor concentración de iones carbonatos presentes en el agua (Caho Rodriguez & Lopez Barrera, 2017).

Con las mediciones realizadas, se determinó que tanto la conductividad eléctrica y el pH son parámetros que presentan una relación inversamente proporcional a la precipitación, con esto, se pudo observar, que en la temporada seca, se obtuvo un mayor rango de conductividad eléctrica (86-818 uS/cm) con respecto a la temporada de lluvia el osciló entre 62-308 uS/cm, y un pH el cual en temporada de verano se obtuvo un rango ligeramente más amplio de acidez y basicidad, oscilando entre 5.65-8.04, con respecto a la temporada de lluvia el cual oscilaban entre 6.17-7.66, por lo que se da entender, que entre mayor concentración de caudal, permite que estos parámetros se diluyan, reduciendo su cantidad o valor en el agua (Caho Rodriguez & Lopez Barrera, 2017).

Cabe destacar, que los sólidos suspendidos totales, también se presenta a causa de los procesos erosivos y la reducción del cauce, por lo que aumenta la mineralización de la misma, es por esto, que a pesar que los mayores valores de SST se obtuvieron en temporada de lluvias, en temporada seca, se pudo observar que en las pitillas y los calabazos, presentaron erosiones en los suelos, por ende, ayudó a contribuir a las aportaciones de material sólidos en el recurso hídrico (Ramirez, Restrepo, & Viña, 1997).

6.2. DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CESAR, MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) APLICADO POR EL IDEAM.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar y a su vez, los valores correspondientes a los índices cada variable fisicoquímica presente en el análisis del mismo, como primera instancia, se calcula los índices de cada parámetro fisicoquímico con respecto a cada temporada espacial y posterior a esto, se evalúa el índice que calidad del agua ICA con respecto al método de evaluación regido por la hoja de ruta del IDEAM.

6.2.1. Actividad 1: Cuantificación de cada uno de los parámetros.

A continuación, las tablas 7 y 8 se resumen los valores de los niveles de calidad que varían de 0 a 1 en cada variable por medio de curvas funcionales (ecuaciones) que adoptó el IDEAM, cabe aclarar que los siguientes resultados solo proporcionan información sobre el proceso del cálculo del ICA, más no revelan información de la cuenca.

Tabla 7:

Resultados de la cuantificación de los parámetros físico-químicos en temporada de lluvia.

Puntos de muestreo		Cuantificación de los parámetros fisicoquímicos				
		I _{pH}	I _{C.E}	I _{DQO}	I _{OD}	I _{SST}
PT01	Max	1	0,4	0,91	0,093	0,905001
	Media	0,956	0,296	0,585	0,086	0,85
	Min	0,912	0,192	0,26	0,078	0,795
PT02	Max	1	0,861	0,26	0,089	1,002
	Media	0,825	0,835	0,193	0,087	0,966
	Min	0,65	0,808	0,125	0,084	0,93
PT03	Max	0,991	0,855	0,26	0,082	1
	Media	0,881	0,742	0,26	0,078	0,972
	Min	0,772	0,63	0,26	0,075	0,945
PT04	Max	1	0,33	0,125	0,086	0,879
	Media	1	0,33	0,125	0,081	0,822
	Min	1	0,33	0,125	0,076	0,765
PT05	Max	1	0,356	0,125	0,082	0,96
	Media	1	0,356	0,125	0,080	0,78
	Min	1	0,356	0,125	0,079	0,6
PT06	Max	1	0,285	0,26	0,077	0,954
	Media	1	0,285	0,193	0,076	0,477
	Min	1	0,285	0,125	0,074	0

Fuente: Autores, 2023.

Tabla 8:

Resultados de la cuantificación de los parámetros físico-químicos en temporada de sequía.

Punto de Muestreo		Cuantificación de los parámetros fisicoquímicos				
		IpH	Ic. E	IdOQ	lOD	IsST
PT01	Max	1	0	0,125	0,083	0,972
	Media	1	0	0,125	0,083	0,972
	Min	1	0	0,125	0,082	0,971601
PT02	Max	1	0,785	0,26	0,088	1
	Media	1	0,784	0,193	0,085	0,992
	Min	1	0,782	0,125	0,082	0,984
PT03	Max	0,71	0,523	0,26	1,918	1
	Media	0,603	0,504	0,1925	0,993	0,996
	Min	0,496	0,485	0,125	0,068	0,992
PT04	Max	1	0	0,125	0,079	0,99
	Media	1	0	0,125	0,0765	0,9370005
	Min	1	0	0,125	0,074	0,884001
PT05	Max	1	0	0,125	0,075	1
	Media	1	0	0,125	0,0745	0,956
	Min	1	0	0,125	0,074	0,912
PT06	Max	1	0	0,51	1,934	0,9876
	Media	0,5	0	0,318	1,932	0,982
	Min	0	0	0,125	1,929	0,975999

Fuente: Autores, 2023.

6.2.2. Actividad 2: Índice de calidad por variable.

-Temporada de invierno: La Tabla 9 resume los resultados del ICA durante la temporada. Los datos arrojaron un ICA con una calificación REGULAR y MALA, con rangos de 0,555-0,587 y 0,377-0,433 respectivamente. Se observa que Tarullal (PT03) es el ICA con mejor muestreo, lo contrario de Los calabazos (PT06) con el dato más bajo (0,377).

Tabla 9:

Resultados del ICA en temporada de lluvia.

	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06
ICA	0,555	0,581	0,587	0,438	0,433	0,377
Calificación	REGULAR	REGULAR	REGULAR	MALO	MALO	MALO

Fuente: Autores, 2023.

-Temporada de verano: La Tabla 10 registra los resultados del ICA durante la temporada. Se observa que los Calabazos (PT04) tiene un índice ACEPTABLE, con un valor de 0,746, siendo el mejor ICA que se presentó; por otro lado, salguero (PT04) con 0,428 con una calificación de MALO.

Tabla 10:

Resultados del ICA en temporada de sequía.

	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06
ICA	0,436	0,610	0,658	0,428	0,431	0,746
Calificación	MALO	REGULAR	REGULAR	MALO	MALO	ACEPTABLE

Fuente: Autores, 2023.

Guacoche (PT01) tiene una disminución muy notable en el cambio de temporada, pasando de una ICA de 0,555 a 0,436. Ortega, Manco, & Rojas (2018) habla sobre las explotaciones artesanales que se realizan en la zona, donde destaca, la extracción de arena explotada directamente del cauce, además ellos encontraron que en temporada de verano es cuando ocurre mayor extracción, aprovechando la disminución del caudal, evidenciando una posible causa de la disminución del ICA; esta temporada al disminuir el caudal, aumenta las concentraciones de las sustancias disueltas, ocurre una sedimentación lo que puede estar perjudicando la calidad del agua.

El dato con mayor variación fue los Calabazos (PT06) pasando de una calidad Mala a una Aceptable con el cambio de la temporada, esta mejora puede deberse a que en este tramo el río disminuye notablemente su pendiente, junto a la escasez de lluvias reducen la cantidad de sedimentos son retenidos por el suelo o infiltrado por la vegetación permitiendo que las aguas se limpien, además que a este punto la concentración urbanística va desapareciendo (Universidad del Atlántico, 2013).

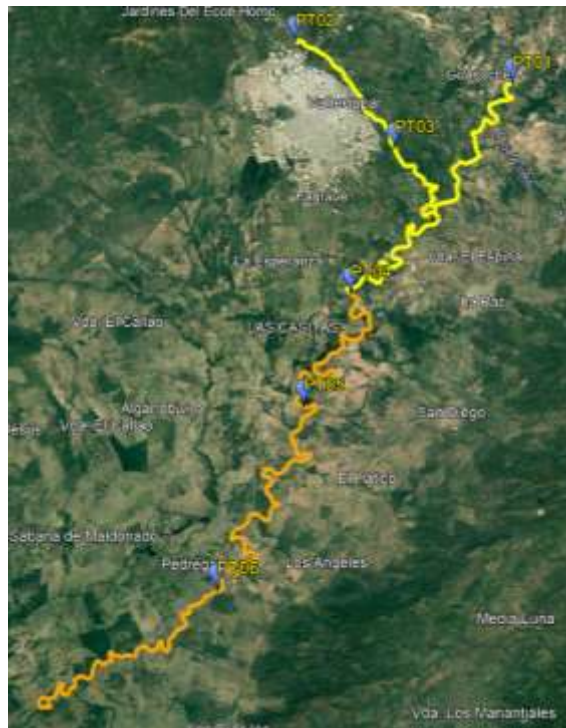
El periodo húmedo presenta un valor del ICA bajo si se compara con la temporada seca, en donde incluso se obtuvieron calificaciones aceptables, esto puede deberse a las lluvias de la temporada. Se observó que PT04 (Salguero) y PT05 (Pitillas) presenta un índice de calidad MALO independiente del periodo de muestreo y, por otro lado, en PT02 (Balneario Hurtado) y PT03 (Tarullal) es REGULAR. Las estaciones de balneario Hurtado, Tarullal, Salguero y

Pitilla, arrojaron datos muy parecidos en ambas temporadas e incluso presentan calificaciones iguales, reflejando en estos puntos que el cambio de temporada no altero su ICA.

Las Figuras 2 y 3 representa el ICA en cada una de las temporadas, muestra la dinámica tan diversa que tiene la cuenca media en su trayectoria.

Figura 2:

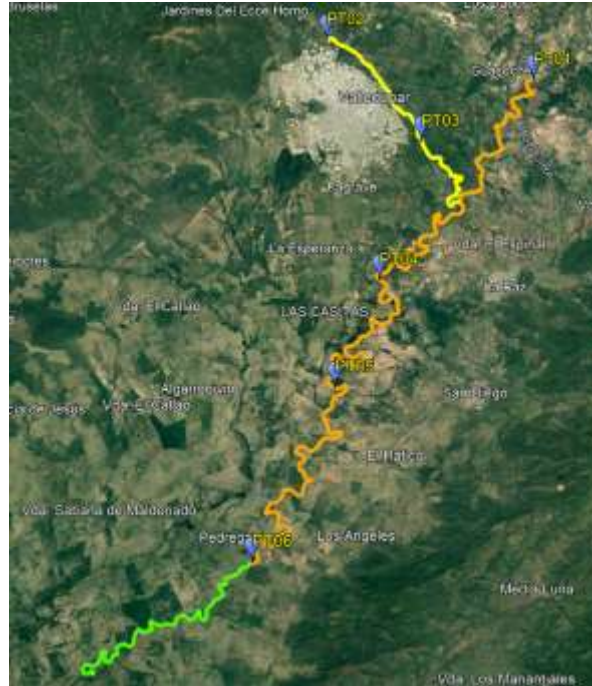
Resultados del ICA en temporada de lluvia.



Fuente: Google Earth, 2023.

Figura 3:

Resultados del ICA en temporada de sequía.


Fuente: Google Earth, 2023.

6.2.3 Actividad 3: ICA promedio

Los valores del ICA promedio se registraron en la Tabla 11, donde se promedió los resultados de la temporada de lluvia y sequía. PT02 y PT03 obtuvieron un ICA promedio muy similar y el punto con mejor valor fue PT06.

Tabla 11:
Resultados del ICA Promedio.

Puntos de Muestras	Temporada de lluvia	Temporada de sequía	ICA Promedio
PT01	0,555	0,436	0,495
PT02	0,581	0,610	0,596
PT03	0,587	0,658	0,622
PT04	0,438	0,428	0,433
PT05	0,433	0,431	0,432
PT06	0,377	0,746	0,562

Fuente: Autores, 2023.

6.2.4 ACTIVIDAD 4: Interpretación

De acuerdo a los valores del ICA se van a clasificar en categorías que a su vez estarán asociados a un color como señal de alerta, en la tabla 12 se encontrara la interpretación de cada punto de muestreos. PT01, PT04 y PT05 obtuvieron una calificación MALO, solo unos de los puntos del río Cesar obtuvo una calificación, el cual es PT06; al contrario de los puntos de muestreos ubicados en el río Guatapurí (PT02 y PT03) que presentaron una calificación REGULAR.

Tabla 12:

Calificación del ICA Promedio.

	PT01	PT02	PT03	PT04	PT05	PT06
ICA	0,495	0,596	0,622	0,433	0,432	0,562
Calificación	MALO	REGULAR	REGULAR	MALO	MALO	REGULAR

Fuente: Autores, 2023.

El PT01 está fuertemente afectado por el aprovechamiento de material de arrastre y pesca artesanal que resulta poco sostenible para el recurso, provocando una erosión del suelo y una pérdida en la cobertura vegetal, cabe resaltar que, en campo se observó, que adyacente al río Guacoeche, se presentan botaderos de basura y acumulación de residuos sólidos de todo tipo, cuando existen precipitaciones, estos materiales son arrastrados hacia el afluente hídrico, y se presentan aportaciones de material sólido, así como también, las escorrentías e infiltraciones de los líquidos generados por los botaderos presentes cerca del río, sumándole a esto, los ciudadanos locales suelen bañarse en ciertos tramos del río y a su vez, efectúan actividades como lavado de ropa, bañado de animales y quehaceres personales.

El PT02 presenta un ICA de 0,596 con una calificación REGULAR, lo cual se puede deber a diversos factores como la presión antrópica que ejerce el casco urbano de Valledupar en la zona, el turismo poco sostenible que se maneja en el Balneario Hurtado, la ubicación aguas arribas de la planta de tratamiento de agua potable EMDUPAR, además de desviaciones de causas para cultivos de fincas y escorrentía, provocando consecuencias como una alta contaminación y una transformación en la cobertura vegetal.

También se destaca el último punto de muestro (PT03) el cual hasta el 2015 contaba con un vertimiento significativo de agua residual debido a que se ubicaba la PTAR de Tarullal

que trataba el 30% del agua residual del municipio de Valledupar, sin embargo, según los análisis de las muestra es el índice de calidad más alto, con un valor de 0,626 y una calificación de REGULAR; cabe anotar que actualmente está ubicado el vivero departamental del departamento del Cesar, además que se presentan una alta actividad antrópica en la margen derecha del río por invasiones urbanísticas que no cuentan con una cobertura total de servicios públicos domiciliarios causando disposición de aguas residuales domésticas y mala disposición de residuos sólidos, lo que ha podido contribuir al valor del ICA (Forero, 2022).

Según el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Guatapurí del año 2018, la cuenca baja del río presenta un modelo productivo de ganadería extensiva, agricultura, turismo no sostenible, además del crecimiento urbanístico acelerando por el que atraviesa la ciudad de Valledupar, los cuales representan la gran transformación de cobertura natural, la alta contaminación y mostrando el mal manejo que se le da a la cuenca baja del río Guatapurí.

Cabe resaltar, el comportamiento de la calidad del agua en PT04, el cual está influenciado por el vertimiento de aguas de la PTAR Salguero del municipio de Valledupar y La Paz, que presenta calidad de 0.433 con una calificación de MALO, siendo el punto con el menor valor de índice de calidad de todo el corrido, indicando que los procesos de aireación y maduración son poco eficientes, adicionalmente aguas arriba como afluente directo el río Guatapurí vierte sus aguas.

A una poca distancia con el punto de muestreo anterior, se encuentra PT05 que debido a su poca distancia con la PTAR Salguero presenta un índice de calidad muy parecido, además de actividades económicas como: la ganadería, agricultura y extracción de material de arrastre (Banco de la Republica de Colombia, 2013) han causado la calidad MALA que se presenta, en los últimos muestreos, se observó una quema forestal de la zona en todo el pie del río, esto ocasionó que partículas y material solidos proveniente de las quemas, se incorporarán en el afluente, aportando contribuciones de material sólidos y cambio en su composición con aportaciones de material que modifican las características fisicoquímicas del agua.

PT06 aumenta su valor de índice de calidad notablemente a través de su recorrido, sigue presentando una calificación REGULAR ya que está afectado principalmente por la agricultura, los calabazos es un corregimiento que va en vía de mejoramiento ante su

infraestructura, dichas anotaciones se observaron en los muestreos, por ende, existen actualmente diversas construcciones cerca del afluente, lo que ocasiona que diversos materiales de construcción se concentren en las márgenes cercanas del río y cuando existen precipitaciones, estos materiales por escorrentía, se incorporan en el mismo, además de esto, los habitantes de la zona, realizan diversas actividades como pesca, lavado personal, limpieza de vehículos, etc. realizando numerosas aportaciones que afectan la calidad del recurso hídrico.

El río Cesar presenta un suelo altamente productivo en ganadería, agricultura, agroindustria y minería, sin embargo, son actividades que se realizan con ninguna preventiva sostenible en pro al cuidado y manejo del recurso hídrico, se demostró que uno de los más representativos problemas que con los que cuenta el cuerpo de agua es el vertimiento de aguas residuales de Salguero, el cual ya ha resultado poco eficiente (Banco de la Republica de Colombia, 2013).

Figura 4:

Índice de Calidad del Agua promedio en el río Cesar.



Fuente: Google Earth, 2023.

Con base a los resultados de la presente investigación, se procede a comparar este tipo de análisis de calidad del agua con otras investigaciones tomadas como referencia para la efectucción del proyecto, esta discusión representará la efectividad, confiabilidad y repercusión

ante la utilización de la metodología ICA propuesta por el IDEAM (2011), el cual sirve para evaluar de forma eficiente la calidad de un cuerpo de agua.

Por su parte, se analiza la evaluación de la calidad del agua en la zona media del río Cravo cruz, el cual será un río utilizado como fuente de abastecimiento de Yopal-Casanare, en donde se observó que este proyecto planteó una caracterización y evaluación en puntos estratégicos de la cuenca y en temporadas distintas, usando técnicas analíticas fisicoquímicas, tal y como se efectuó en el presente proyecto, con la distinción de que estos autores usaron 22 muestreos para la evaluación, dando como resultado que en las temporadas de verano se presentaban calidades aceptables en dicha cuenca, mientras que, en temporada de invierno, se potencia una calidad regular, obligando a efectuar un mayor tratamiento en estos procesos unitarios, por su parte, en la cuenca media del río Cesar, en la temporada de invierno, se obtuvo una calidad del agua usualmente Malo aguas abajo y Regular aguas arriba, y en temporada de sequía, la calidad fue más variable al obtener puntos con calidad del agua aceptable, regulares y malos, por lo que, si se compara con respecto al tipo de agua presente en el río Cravo cruz, se denota una clara pérdida de la calidad en la cuenca media del río Cesar, por ende, si esta agua es usada para captación y tratamiento de la misma, el sistema presente deberá trabajar con mayor eficiencia con respecto a la planta del río Cravo cruz, y consigo, mejora las características fisicoquímicas y de calidad de la misma y se desea usar esta para consumo humano, es de resaltar, que esta metodología del IDEAM, permite optimizar el proceso de evaluación de la calidad del agua siendo este, una herramienta que se utilizar en aguas de distintas finalidades, ya sea para consumo humano, preservación del ecosistema, conservación, protección y monitoreo hídrico, etc. (Torres Pineda, Patacón Pedraza, & Agudelo Ariza, 2020).

Por otra parte, la metodología de cálculo ICA-UWQI Y ICA-CWQI, en donde estudiaron y evaluaron el índice de calidad del agua en el humedal Torca-Guaymaral, para esto, tomaron como factores componentes fisicoquímicos del agua en estudio con referente al lugar y tiempo, esta metodología se asimila a la propuesta en la presente investigación, ya que toma los mismos parámetros fisicoquímicos, sin embargo, los autores consideraron que para establecer una examinación completa del cuerpo de agua, también fue indispensable determinar otros factores como materia orgánica, sustancias tóxicas o toxicológicas; esto con la finalidad de abarcar todos los factores presentes en el cuerpo lentic, a su vez, estos factores adicionales permitieron que esta determinación fuese más amplia con respecto a la hoja de cálculo

utilizada, el cual se concentró en las preponderantes y promedios entre variantes, básicamente el mismo principio que en el ICA del IDEAM, solo que este incorpora más ampliamente factores fisicoquímicos, solo conceptualiza en 5 variables. En este humedal, por medio de la evaluación se determinó que este posee un ICA-UWQI regular y un ICA-CWQI pobre, por lo que se da a entender que este cuerpo de agua, necesita tratamiento y consigo el mejoramiento de la misma, sin embargo, al ser un cuerpo lentic y con capacidad ecosistémica, es posible obtener este tipo de calidad, caso contrario a lo que sucede en la cuenca media del río Cesar, este al ser un cuerpo lotico y con amplitud de cause, puede encontrarse variabilidad de calidad, tal y como se obtuvo en la presente investigación, el cual, por temporadas, la calidad del mismo cambia, sin embargo, al ser afectado constantemente por medios adversos, es susceptible a mantener calidad regular y mala (Caho Rodriguez & Lopez Barrera, 2017).

7. CONCLUSIONES

Siguiendo con lo pertinente a las enmarcaciones de los objetivos, los puntos 1 (Guacoche), 4 (Salguero) y 5 (Pitillas) presentaron un índice de calidad del agua malo, esto debido a la influencia de las descargas de las aguas residuales tratadas provenientes de la PTAR salguero y de la poca remoción y degradación de la materia orgánica en su totalidad, en las Pitillas esta mala calidad se debió a la alta erosión del suelo en dicha zona y a su vez, las aportaciones de sedimentos y sustancias incorporadas en el agua por medio de escorrentías a causa de las quemas y residuos sólidos presentes en la zona, Guacoche al recibir cargas contaminantes ocasionado por el botadero de basura presente adyacente al río, permite la aportación de material sólido y líquido cuando se presentan escorrentías; previo a la evaluación del ICA, se esperaba que Salguero, al ser un punto donde actualmente cuenta con diversas problemáticas que giran en torno a la mala apariencia con la que cuenta y la poca eficiencia de tratamiento de las descargas de las aguas residuales, sin embargo, no se esperaba que las pitillas, al ser un lugar donde el río de cierta manera está alejado de los habitantes, procediera a arrojar dicha mala calidad.

Mientras que, por otro lado, los demás puntos de análisis, tuvieron un índice de calidad del agua regular, por lo que se evidencia una alta presencia de actividades antrópicas sobre el afluente de la cuenca media del río Cesar, el cual provocan la alteración de los parámetros fisicoquímicos de la misma y consigo, afectando su calidad, la poca conciencia ambiental en las zona del balneario Hurtado, ocasiona que al ser un área de influencia antrópica directa, sea un punto propenso a sufrir transformaciones repentinas en su calidad, afectando el ecosistema del mismo y presente alrededor, o como por ejemplo Tarullal, que al ser un punto terminal ante el cauce que transita a lo largo y adyacente a la urbe vallenata, recoge todas las aportaciones que se realizan a lo largo de su trayecto, provocando modificaciones en su composición, y consigo, afectando su calidad.

Por su parte, conocer las características fisicoquímicas y microbiológicas presentes en un cuerpo de agua, permite conocer el estado en el que se encuentra, así como también plantear criterios de aceptación o negación del uso de dicha aguas para diversos fines, y a su vez, da una perspectiva de las alteraciones y modificaciones que se le hacen a los causes por consecuencia a diversas actividades antrópicas o por medio de procesos naturales, esto le

permite conocer a las autoridades ambientales competentes, márgenes de protección, conservación y mitigación ante las modificaciones en la calidad de las aguas, permitiendo evitar posibles grados de alteraciones del recurso hídrico y consigo la vulnerabilidad ambiental (Blanco & Pérez, 2020).

A demás de esto, al conocer la calidad del mismo determinado por medio de la metodología ICA-IDEAM, se puede inferir que este método es eficiente cuando se pretende interpretar, identificar y tomar decisiones para la evaluación de un cuerpo de agua, por lo que permite utilizar ecuaciones que incorporan la aplicación de los parámetros fisicoquímicos que constituyen a un cuerpo de agua, sin embargo, este tiende a generar inconvenientes al ser menos sensibles a variaciones extremas en la calidad del agua, debido a esto, se limita el uso ante una evaluación paulatina de la calidad de las fuentes hídricas superficiales las cuales sufren de variabilidad ante sus características fisicoquímicas, o se debe reajustar o acomodar dependiendo del ciclo hidrológico en el cual se efectuó su evaluación, pero indiscutiblemente, es una herramienta que permite evaluar de forma general el estado de un afluente hídrico así como también su amenaza, riesgos, vulnerabilidad o aprovechamiento del mismo (Caho Rodríguez & Lopez Barrera, 2017; Torres Pineda, Patación Pedraza, & Agudelo Ariza, 2020).

8. RECOMENDACIONES

Al finalizar el presente proyecto, se pudo evidenciar, que la calidad del agua en la cuenca media del río Cesar es Regular y Mala, por lo que alerta de forma significativa las posibles vulnerabilidades que puede sufrir este cuerpo de agua sino se pone en marcha alguna propuesta que permita conservar, mitigar, y promover el cuidado de la misma.

Entre las recomendaciones que se efectúan ante dicha problemática, está la incorporación de campañas ambientales que vaya en pro al cuidado y preservación del río en su cuenca media del Cesar, estas campañas ayudarán a promover la educación ambiental conforme al cuidado del recurso hídrico y las buenas prácticas de conservación del mismo, así como también promoverá la inclusión de apoyo comunitario con la finalidad de generar participación pública y efectuar un margen de consenso ante educación ambiental.

Sumándole a esto, se recomienda que las autoridades ambientales competentes, efectúen con mayor frecuencia, el monitoreo de dicha fuente hídrica, con esto, se tendrá registro constante del estado del cuerpo de agua, y consigo, ayudará a prevenir posibles alteraciones repentinas ante la calidad del mismo, añadiéndole a esto, es importante que estas mismas autoridades ambientales competentes mantenga puntos de control fijos a lo largo de ciertos tramos de la cuenca media para realizar análisis constantes de sus componentes fisicoquímicos con la finalidad de evitar cualquier vulneración ante la composición fisicoquímica de la misma.

Conforme al proyecto de investigación, es importante mejorar progresivamente y más cuidadosamente los análisis fisicoquímicos que se realizan en laboratorios, ya que estos son muy propensos a ser alterados si alguno de los procedimientos pudiese fallar, la disponibilidad de reactivos y equipos del laboratorio, son importantes a la hora de efectuar la parte experimental del proyecto, por ende, se recomienda que en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar, mantenga eventualmente todos las herramientas de trabajo y de seguridad ante la realización de prácticas a fines de esta investigación.

Por otra parte, para estudios geoespaciales o de evolución temporal entre la variabilidad del estado de calidad del agua, se recomienda emplear métodos como forma de evaluación o análisis, utilizando ecuaciones con promedios armonios no ponderados, el cual son aquellos que

toma el número de tomas de agua y se divide entre el promedio del mismo, por lo que son más sensibles a adaptarse a los cambios entre las variabilidades fisicoquímicas individuales, mientras que el ICA al efectuar con ponderaciones, tiende a generar márgenes de errores cuando existes cambios repentinos entre la variabilidad del ciclo hidrológico (Caho Rodriguez & Lopez Barrera, 2017).

A demás de esto, para que una evaluación de calidad del agua hacia un cuerpo de agua superficial determinado sea completa, se recomienda también usar metodologías de ICA que vaya en pro de cuantificar la variabilidad de la calidad en los cuerpos de agua ante posibles ocurrencias repentinas de eventos de cambios climáticos (Alvarez Amado, y otros, 2006).

Un punto importante de resaltar la utilización de los equipos electrónicos en campo, el cual, deben por requerimiento, estar calibrados a total precisión, ya que estos equipos al arrojar los valores de los parámetros fisicoquímicos tomados in situ, tiene la responsabilidad de efectuar una correcta medición de los mismos, por ende, se recomienda una total calibración ante los equipos utilizados en campo, de cierta manera, la calidad que presente un cuerpo de agua, dependerá de la medición y los datos arrojados en los equipos, por esto, si están descalibrados, registrarán una mala lectura, y por consiguiente se efectuará una errónea evaluación de la calidad (IDEAM, 2020).

9. BIBLIOGRAFÍA

Universidad del Atlántico. (2013). *PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO DEL RÍO CESAR.*

1729, D. (06 de Agosto de 2002). *Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.* Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>

Alvarez Amado, J., Rubiños Panta, E., Reyes , F., Alarcón Cabañero, J., Hernandez Acosta, E., Ramirez Ayala, C., . . . Salazar Sosa , E. (28 de 06 de 2006). *Indice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción.* Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572006000100007

Banco de la Republica de Colombia. (2013). *Río Cesar.*

Banco de la Republica de Colombia. (2018). *Red Cultural.*

Banrepcultural. (s.f.). *Afluente.* Obtenido de Red cultural del banco de la república de Colombia: <https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/Afluente>

Blanco, & Pérez. (2020). *Evaluación de la calidad del agua, determinada a través de macroinvertebrados acuáticos implementando índices biológicos y fisicoquímicos, en el balneario hurtado, río Guatapurí, Valledupar-Cesar.* Obtenido de Universidad Popular del Cesar: Tesis de grado

Caho Rodriguez, C. A., & Lopez Barrera, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI.* Obtenido de Scielo: <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>

Cajamarca Buele, J. C. (2022). *La importancia de ordenar las subcuencas hídricas y regular los ríos de Cuenca.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22525>

Carrillo López, Diego, Carvajal Aguilar, Sergio, Coto Campos, Juana, Salgado Silva, Viviana, Herrera Núñez, Jacqueline, Rojas Cantillano, Daniela, & Benavidez, Cristina. (2022). *Variación del oxígeno disuelto en el Río Burío-Quebrada Seca, Heredia, Costa Rica, en el periodo 2005 - 2010*. Obtenido de <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/7468/variacion%20del%20oxigeno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corpocesar. (s.f.). *Uso del suelo en la cuenca del río cesar y sus actividades socioeconómicas de sus pobladores*. Obtenido de Corpocesar: <https://www.corpocesar.gov.co/files/13Componente%20socio.pdf>

Corpocesar. (2014). *Resolución N° 208*. Obtenido de Corpocesar: <https://www.corpocesar.gov.co/files/Resolucion2082014OJ.pdf>

CORPOCESAR. (2018). *Formulación del Pomca del Río Guatapurí-Cesar. Río Guatapurí-Municipio de Valledupar*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional del Cesar [Corpocesar]: https://www.corpocesar.gov.co/files/FaseFomulacion_Guatapuri.pdf

CORPOCESAR. (2018). *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Guatapurí (POMCA)*.

Corpocesar, Min. Hacienda. (2018). *POMCA del río Guatapurí*.

Costa Calheiros, H., Gomes, M., & Anco Estrella, P. (20 de 05 de 2014). *Calidad de las aguas meteóricas en la ciudad de Itajubá, Minas Gerais, Brasil*. Obtenido de Scielo: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/bF5qK7rfwHrfMhwHBVQxbQx/?format=pdf&lang=es>

Emdupar. (2023). *Primer informe del tratamiento de aguas residuales de Valledupar*. Obtenido de Empresa de Servicios Públicos de Valledupar: <https://www.emdupar.gov.co/emd/index.php/contactenos/contactenos/636-primer-informe-del-tratamiento-de-aguas-residuales-de-valledupar>

Facts, G. (2009). *Recurso Hidrico*. Obtenido de Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas: <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>

- Faustino, J. & Jiménez F. (2000). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Costa Rica.
- Forero, C. (2022). *Consecuencias de la expansión urbana en la reproducción de impactos socioambientales a las soluciones basadas en la naturaleza: Estudio de casa en la cuenca del río Guatapurí, Valledupar, Cesar, 1991-2021*.
- Glynn, H., & Heinke, G. (1999). *Libro de Ingeniería Ambiental*. Obtenido de https://biblioasesorbogota.files.wordpress.com/2013/04/ingenieria-ambiental_glynn.pdf
- Gualdrón, L. E. (06 de 12 de 2018). *Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros físicoquímicos y biológicos*. Obtenido de Universidad Industrial de Santander: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593>
- Guoyu, X., Ren, X., Yang, Z., & Jie, X. (2019). *Influencia de las estructuras del paisaje en la calidad del agua en múltiples escalas temporales y espaciales: un estudio de caso de la cuenca del río Wujiang en Guizhou*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/159>
- Gutierrez moreno, L. C., Borja Acuña, R., Villa Garcia, O., Manjarrez Garcia, G., & Troncoso Olivo, W. (2011). *INFORME EJECUTIVO: CARACTERIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES POR VERTIMIENTOS EN TRAMOS DE LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RIO CESAR, VALLEDUPAR*. Obtenido de Corpocesar: <https://www.corpocesar.gov.co/files/informe%20ejecutivo%202011.pdf>
- Guzmán, K. (06 de 2013). *El río Cesar*. Obtenido de Documento de trabajo sobre economía regional: https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_188.pdf
- Hernández, Fernández & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/2792/510_06_color.pdf
- Huaire, E. (2019). *Método de investigación*. Obtenido de <https://www.academica.org/edson.jorge.huaire.inacio/78>

IDEAM. (2004). *Determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico modificación de azida*. Obtenido de IDEAM:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>

IDEAM. (2006). *Conductividad Eléctrica En Agua Por EL Método Electrométrico En Aguas*. Obtenido de IDEAM:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>

IDEAM. (2010). *Cap.6- Calidad del Agua Superficial*. Obtenido de . Orjuela, & H. Wilches, Estudio Nacional del Agua.

IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas*. Obtenido de IDEAM:
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGRAFICA.pdf>

IDEAM. (2020). *Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA)*. . Obtenido de IDEAM, Obtenido de (Hoja Metodológica versión 1.1 :
<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.21+HM+Indice+calidad+agua+FI.pdf/cd2bbf44-1ab6-4f17-b914-ebca1b46454e>

IDEAM, Ministerio de Ambiente. (2014). *Estudio Nacional del Agua*.

Induanalysis. (2019). *Aguas subterráneas y superficiales*. Obtenido de Laboratorio ambiental:
https://www.induanalysis.com/publicacion/detalle/agua_subterranas_y_superficial_29#:~:tex

Minem. (s.f.). *Ministerio de energía y minas*. Obtenido de Calidad de agua superficial, Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano - Componentes Auxiliares:
<https://www.minem.gob.pe/descripcion.php?idSector=22&idTitular=8897>

Miteco. (2015). *Estado y calidad de las Aguas superficiales*. Obtenido de Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico:

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/>

Nieto, N. T. (2012). Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1683226860&Signature=K7ILWIKv3V96lzZEPx-HGcKCmUA3ELnf7p2pb13EyoSJFhoexDmC3tQ7oPsoGGefF1EysG

Núñez García, E., & Reyes Barraza, J. (2016). *Determinación de los índices de calidad del agua del río Cesar en el tramo corregimiento Guacochito-corregimiento los Calabazos en el departamento del Cesar.* Obtenido de <http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1601/1/29696.pdf>

Núñez, J., & Fragoso Catilla, P. (2020). *Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca media del río Guatapurí (Valledupar, Colombia).* Obtenido de Scielo: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000600207&script=sci_arttext

ONU-DAES. (24 de 11 de 2014). *Decenio internacional para la acción "el agua fuente de vida", Agua y desarrollo sostenible.* Obtenido de ONU: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml

Ordoñez, J. j. (2011). *Cartilla técnica: aguas subterráneas - acuíferos.* Obtenido de Universidad privada del norte: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25436>

Ortega, C., Manco, D., & Rojas, E. (2018). *Estudio de la explotación artesanal en el lecho del río Cesar en el sector norte de Guacoeche-Guacochito.* Obtenido de <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/1233/1104>

Ortega, J. (2017). *Impactos ambientales ocasionados por la explotación artesanal de materiales de construcción: el caso de transecto del río Cesar, en el municipio de San Juan del Cesar, la Guajira.* Obtenido de

https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/3321/Ortega_Daza_Juan_Carlos_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortiz, J. (2019). *lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria/>

POMCA. (30 de Diciembre de 2019). *Formulación POMCA río Guatapurí*. Obtenido de Corpocesar: https://corpocesar1-my.sharepoint.com/personal/mauricio_garces_corpocesar_gov_co/_layouts/15/onedrive.aspx?ga=1&id=%2Fpersonal%2Fmauricio%5Fgarces%5Fcorpocesar%5Fgov%5Fco%2FDocuments%2FPOMCA%2F1%2E%20R%5FGuatapuri%2FDocPOMCA%2FDocumento%5FPOMCA%5FGuatapur

Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&tlng=pt

Ramirez, A., Restrepo, R., & Viña, G. (1997). *CUATRO ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf>

Ramirez, Restrepo, R., & Cardeñosa, M. (1997). *ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIMIENTOS. FORMULACIONES*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100008

riego, M. d. (2015). *Midagri.gob.pe*. Obtenido de Recurso Agua: <https://www.midagri.gob.pe/portal/41-sector-agrario/recursos-naturales/315-recurso-agua>

Salamanca, E. (2016). *Tratamiento de aguas para el consumo humano*. Obtenido de <https://doi.org/10.17981/moducuc.17.1.2016.02>

Samboni Ruiz, N., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Obtenido de Scielo: vol.27, n.3, pp.172-181. ISSN 0120-5609.

Sostenible, R. d. (15 de 10 de 2014). *El 50% del agua en Colombia es de mala calidad*. Obtenido de <https://rds.org.co/es/novedades/el-50-del-agua-en-colombia-es-de-mala-calidad>

Torres Pineda, S. N., Patacón Pedraza, M., & Agudelo Ariza, G. (2020). *Evaluación de la calidad del agua de la zona media del río Cravo Sur*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: <https://doi.org/10.18359/rfcb.4004>

Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (05 de 10 de 2009). *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Travel, C. (18 de 08 de 2019). *Valledupar*. Obtenido de <https://colombia.travel/es/valledupar>

UICN. (s.f.). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de Cuencas Hidrográficas: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf

Valdivielso, A. (2020). *¿Qué es el agua?* Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>

Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 79 y 80. 7 de julio de 1991 (Colombia).

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA y se dictan otras disposiciones. Diciembre 22 de 1993. D.O. No. 41.146

Decreto 1575 de 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. 9 de mayo del 2007. No. 46.623

Decreto 475 del 1998. Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable. 10 de marzo del 1998. No. 43.259

Resolución 622 del 2020 [Ministerio de salud y protección social]. Por la cual se adopta el protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio público domiciliario de acueducto en zona rural. 25 de agosto de 2020.

Resolución 2115 del 2007[MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL]. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. 22 de junio de 2007

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. 25 de octubre del 2010. No. 47.873.

10. ANEXOS

ANEXO 1:

Toma de muestras.



ANEXO 3:

Georreferenciación y localización de los puntos de muestra.



ANEXO 2:

Medición de oxígeno disuelto y porcentaje de saturación.



ANEXO 5:

Medición de pH.



ANEXO 4:

Determinación de DQO.



ANEXO 7:

Estado actual del río Cesar en el punto Salguero.



ANEXO 6:

Determinación de SST.



ANEXO 8:

Botadero adyacente al río Cesar en el punto Guacoche.



ANEXO 10:

Vertimiento de aguas residuales tratadas por parte de la PTAR salguero.



ANEXO 11:

Río Cesar en el punto Tarullal en temporada de sequía.



ANEXO 12:

Quema forestal en las áreas adyacentes del río Cesar en el punto de Las Pitillas.



ANEXO 13:

Estado del río Guatapurí en el punto del Balneario Hurtado en épocas de sequía.



ANEXO 14:

Certificado de participación ante la ponencia "THE EXPO" semilleros y jóvenes investigadores.



THE EXPO
Semilleros & Jóvenes Investigadores



Universidad Popular del Cesar

CERTIFICADO
Otorgado a:

*Andrés Julian Villate Barrero, Andrea Carolina Flores Alvarado,
Yim James Rodríguez Díaz, Jaime Luis Aniza Restrepo*

Por su participación en calidad de **PONENTE**, con el trabajo titulado:

ESTADIO INICIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GUATAPURÍ USANDO EL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Dado en Valledupar, a los 18 días del mes de noviembre de 2022


Clarivel Parra Ditta
Vicerrectora de Investigación y Extensión


Martha Guerra Muñoz
Directora División de Investigación

Certificado de participación ante una ponencia internacional realizada por la Universidad de Tonalá.

