



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de Fin de Carrera Titulado

**DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA
DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA**

Realizado por:

Livia Jeaneth Cartagena Quimbiamba

Director del proyecto:

Ing. Katty Coral Carrillo MSc. MSSO

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, Septiembre de 2021

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO
COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LA CUENCA

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO
COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LA CUENCA

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, LIVIA JEANETH CARTAGENA QUIMBIAMBA, con cédula de identidad # 1712050945, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Firmado electrónicamente por:
LIVIA JEANETH
CARTAGENA
QUIMBIAMBA

Livia Jeaneth Cartagena Quimbiamba

C.I 1712050945

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA”

Realizado por:

LIVIA JEANETH CARTAGENA QUIMBIAMBA

como requisito para la Obtención del Título de

MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

ha sido dirigido por el profesor

KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Firmado electrónicamente por:
**KATTY VERONICA
CORAL CARRILLO**

KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO

Director

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO
COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LA CUENCA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MIGUEL MARTÍNEZ

SUSANA CHAMORRO

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



Miguel Martínez



Susana Chamorro

Quito, septiembre 2021

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO
COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LA CUENCA

DEDICATORIA

A mis padres mi ejemplo de vida, a mi esposo Carlos y a mis hijas Camilita y Carlita

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO
COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD
AMBIENTAL DE LA CUENCA

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida, a mi madre por su apoyo incondicional, a mis hijas por su invaluable ayuda y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la realización de este trabajo.

Un agradecimiento especial al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, por las facilidades prestadas para el desarrollo del trabajo.

A mi tutora Msc. Katty Coral por todo el conocimiento compartido y al personal docente lector.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Resumen.

La presente investigación se realizó en la Cuenca del Río Coca ubicada al noreste de Ecuador, en las estribaciones de la cordillera sub-oriental, abarca las provincias de Napo y Sucumbíos, la cuenca comprende un área de 5283.74 kKm². El trabajo tuvo como objeto procesar información de calidad de agua superficial de los años 2019 y 2020 de la red hidrológica del Instituto Nacional de meteorología e Hidrología: (Oyacachi AJ Quijos, Salado AJ Quijos, Quijos DJ Oyacachi, Quijos AJ Bombón, Cosanga AJ Quijos, Coca en San Sebastián, con la cual se determinaron los índices de calidad de agua (ICA), basados en la Metodología NSF establecida por The National Sanitation Foundation la cual considera los siguientes parámetros físico-químico y microbiológico: pH, T°, turbidez, oxígeno disuelto, DBO₅, fosfatos, nitratos, sólidos totales y coliformes fecales; se aplicó además la Metodología del Índice de calidad de agua IC establecida por (Coral, 2013), la cual se basa en la comparación de la concentración de los contaminantes con los límites permisibles establecidos en la Normativa Ambiental Vigente en el Ecuador, para lo cual, a más de los parámetros considerados en el ICA-NSF, se incluyeron parámetros como DQO, hierro total, coliformes totales, manganeso, cinc y sulfatos. Los resultados obtenidos de la determinación de los índices de calidad del agua permitieron evidenciar el deterioro de la calidad de los recursos hídricos de la Cuenca con respecto a su condición general y a contaminantes específicos, el ICA-NSF determino una calidad de agua “Media” para la mayoría de estaciones mientras que el IC determinó una calidad de agua “Mala” para la mayoría de estaciones de la cuenca; las dos metodologías constituyen una herramienta de fácil interpretación para la determinación de la calidad del agua, la información obtenida es

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

considerada de gran importancia para la gestión integral de los recursos hídricos y para la toma de decisiones de los organismos gestores de ambiente, agua, riesgos, entre otros.

Palabras clave: *calidad de agua, índice de calidad de agua, cuenca hidrográfica, recurso hídrico superficial, parámetros físicos, parámetros químicos, parámetros microbiológicos.*

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Abstract.

The present investigation was carried out in the Coca River Basin located northeast of Ecuador, in the foothills of the sub-eastern mountain range, which covers the provinces of Napo and Sucumbíos, the basin includes an area of 5283.74 Km². The purpose of this work was to process surface water quality information for 2019 and 2020 from the hydrological network of the National Institute of Meteorology and Hydrology: (Oyacachi AJ Quijos, Salado AJ Quijos, Quijos DJ Oyacachi, Quijos AJ Bombón, Cosanga AJ Quijos, Coca in San Sebastián, with which the water quality indices (WQI) were determined, based on the NSF Methodology established by The National Sanitation Foundation which considers the following physical-chemical and microbiological parameters: pH, T°, Turbidity, dissolved oxygen, BOD₅, phosphates, nitrates, total solids and fecal coliforms; it was applied in addition to the Methodology of the water quality index QI established by (Coral, 2013), which is based on the comparison of the concentration of pollutants with the allowed limits established in the Ecuadorian Environmental Regulations, for which, in addition to the parameters considered in the ICA-NSF, parameters such as COD, total iron, total coliforms, manganese, zinc and sulfates. The results obtained from the determination of the water quality indices allowed to show the deterioration in quality of the water resources of the Basin with respect to its general condition and specific pollutants, the ICA-NSF determined a "Medium" water quality for most stations while the QI determined a "Bad" water quality for most stations in the basin. The two methods constitute an easy-to-interpret tool for determining water

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

quality, the information obtained is considered of great importance for the comprehensive management of water resources and for decision-making by environmental, water, and risk management agencies, among others.

Keywords: water quality, water quality index, watershed, surface water resource, physical parameters, chemical parameters, microbiological parameters.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

1. Introducción

De acuerdo a lo establecido por la (Global Water Partnership, 2009), el agua es un recurso natural importante para el desarrollo social y económico de una sociedad; sin embargo en la actualidad, con el incremento de la actividad industrial y la creciente tendencia de satisfacer las necesidades del ser humano, los cuerpos de agua reciben continuamente descargas de contaminantes tóxicos de tipo metálico y sedimentos que exceden la capacidad de autodepuración, trayendo como consecuencia graves problemas de contaminación ambiental y alto riesgo toxicológico para el hombre y los animales.

En este sentido (Ríos, E. 2015), señala que las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como cuantificar e identificar los impactos acumulados de las actividades humanas o externalidades (sedimentos, contaminantes y nutrientes) a lo largo del sistema de corrientes o red hidrográfica, que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes, (Cotler et al, 2013).

En el país, de acuerdo a lo establecido en la Ley de Recursos Hídricos y aprovechamiento del agua LORHUyA, el agua es considerada como patrimonio nacional, estratégico, bien de uso público, dominio inalienable, imprescindible, inembargable y esencial para la vida y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria (Registro Oficial 305, 2014), sin embargo en los últimos años está se ha visto afectada por diversas actividades de origen natural y antropogénico que se desarrollan alrededor de las cuencas hidrográficas que han afectado las características físico-

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

químicas y microbiológicas de los recursos hídricos debido principalmente a la falta de aplicación de políticas públicas ambientales. (Estrategia Nacional de Calidad de Agua, 2017)

Ecuador es un país muy representativo en recursos hídricos, así también el gasto promedio que genera al día por habitante es de 249 litros de agua. Este valor supera lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud, donde manifiesta que 100 litros, es el promedio de agua necesaria para satisfacer las necesidades básicas de la población. Sin embargo, la falta de agua afecta principalmente a las poblaciones rurales, ya que al 2016 se determinó que el 70,1% de la población cuenta con un manejo seguro del agua a nivel nacional. Siendo la Amazonía la región con menos porcentaje de agua segura, alcanzando el 42.5%, es decir 6 de cada 10 personas no tienen acceso a agua segura (Cuenca et al., 2021).

El Caso de la Cuenca del Río Coca constituye un ejemplo actual de la problemática existente en la gestión de los recursos hídricos, la cual está relacionada con las actividades antrópicas desarrolladas en la zona debido principalmente a descargas de aguas residuales procedentes de ciudades, crecimientos poblacionales desordenados, desarrollo industrial, la explotación de material pétreo, la operación de la central hidroeléctrica más grande del país Coca Codo Sinclair, actividades hidrocarburíferas, así como la agricultura y ganadería, han conllevado a una afectación de la calidad del agua, de la zona.

Un estudio realizado por (Cuenca et al., 2021), determino que la ciudad de Francisco de Orellana cuenta con cinco plantas sectorizadas que tratan agua para consumo, las mismas que se han implementado conforme la demanda del servicio. La planta Los Álamos, la cual procesa agua del río Payamino fue la primera en entrar en operación, en la actualidad abastece de agua potable

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

al centro de la ciudad. Por otra parte, se ha incrementado la capacidad del sistema emergente, con la instalación de una segunda bomba de captación de agua del río Coca, para reducir las intermitencias existentes en el abastecimiento de agua potable en la ciudad. Sin embargo, en Orellana como consecuencia de la explotación petrolera, ocurren roturas de oleoductos, y vertidos de líquidos contaminantes, los cuales generan contaminación en los ríos y afectan directamente a la disponibilidad y calidad de agua del Cantón.

En el país como instrumento para la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua, se cuenta con límites máximos permisibles establecidos en la *”Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua”*, expedida a través del Acuerdo Ministerial N° 097 A. (387 Registro Oficial, 2015).

Los límites máximo permisibles (LMP), corresponden a la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Los LMP sirven para el control y fiscalización de los agentes que producen efluentes y emisiones, a efectos de establecer si se encuentran dentro de los parámetros considerados inocuos para la salud, el bienestar humano y el ambiente. Excederlos acarrea responsabilidad administrativa, civil o penal, según el caso. (Scrib company, n.d.)

Considerando que en el país el uso y aprovechamiento del agua han sido reconocidos en la Constitución de la República en el año 2008, estableciéndose como principal prioridad el uso del agua para consumo humano, es importante contar con información sistematizada que permita establecer acciones de control que puedan garantizar el uso de este recurso, en este sentido una

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

herramienta que permite sistematizar e integrar la información de parámetros físico-químicos y microbiológicos para conocer la calidad del agua son los índices de calidad, los cuales son ampliamente utilizados a nivel mundial para la toma de decisiones. En este contexto (Mancheno & Ramos, 2015), determinan que el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color.

La ventaja de utilizar índices de calidad del agua radica en que la información obtenida en los monitoreos puede comunicarse y ser interpretada con mayor facilidad. Los usuarios pueden rápidamente tener una idea clara de la situación que presenta el agua ya que el índice expresa el grado de contaminación del tipo de agua analizado, la cual puede ser excesiva, media o inexistente, entre otras, de fácil comprensión y abstracción. (Mancheno, G & Ramos, C. 2015).

En este sentido los índices pueden ser usados para mejorar y difundir la información sobre la calidad del agua. De acuerdo con Ott (1978), los posibles usos de los índices son seis:

- Manejo del recurso: pueden proveer información a personas que toman decisiones sobre las prioridades del recurso.
- Clasificación de Áreas: para comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas.
- Aplicación de normatividad: permite determinar si se está sobrepasando la normatividad ambiental y las políticas existentes.
- Análisis de la tendencia: el análisis de los índices en un periodo de tiempo, pueden mostrar si la calidad ambiental está empeorando o mejorando.
- Información pública: los índices pueden tener utilidad en acciones de concientización y educación ambiental.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

- Investigación Científica: simplificar una gran cantidad de datos de manera que se pueda analizar fácilmente y proporcionar una visión de los fenómenos medioambientales. (Rojas et al., 2009)ICA-NSF

Uno de los índices de mayor aplicación a nivel mundial es el ICA-NSF, desarrollado por Brown en el año 1970, debido a que el mismo es considerado confiable y versátil ya que incluye parámetros de calidad del agua considerados generales (pH, T°, turbidez, oxígeno disuelto, DBO₅, fosfatos, nitratos, solidos totales y coliformes fecales) que son muy utilizados, lo cual da la facilidad de que se puedan realizar comparaciones con otros índices de calidad de agua. Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no. (SNET, 2000)

En relación a los parámetros físico-químicos y microbiológicos establecido en el ICA-NSF, se debe considerar su incidencia en la calidad del agua así se tiene que según Cattaneo & López (2013), *“las bacterias coliformes se consideran indicadores de contaminación fecal en aguas. Su ausencia en el agua indica que es bacteriológicamente segura”*.

Los coliformes son un grupo de bacterias que incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. Por constituir un grupo muy numeroso, 2×10^{11} organismos por persona por día, en los excrementos humanos, se usan como indicadores de contaminación, por organismos patógenos, en el agua. El hecho de que los *Aerobacter* y ciertos *Escherichia* pueden crecer en el

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

suelo, no permite afirmar siempre que la presencia de coliformes la cause la contaminación fecal. Sin embargo, en aguas de consumo humano, la presencia de coliformes se usa como el indicador de contaminación, puesto que el agua no debe tener contacto con el suelo, agua residual o materia fecal. (Coral, 2013)

Las especies acuáticas son especialmente sensibles a los cambios bruscos de pH, por lo que su control es indispensable para mantener los ecosistemas, de tal manera que, aun cumpliendo la Legislación ambiental, el evacuar efluentes con un pH diferente al natural del cauce receptor, puede causar daños irreparables al medio acuático. (Coral, K. 2013)

El potencial hidrógeno se calcula como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$; un pH igual a 7 indica un medio neutro, menor a 7 un medio ácido y por encima de 7 un medio básico. Valores de pH en el agua entre 6 y 9 son los más aptos para el desarrollo de la vida acuática. A valores por debajo de 4 o por encima de 11 se observa mortandad de peces. El pH de las aguas puede variar según los distintos tipos de vertidos que reciban las mismas. El desarrollo de algas en un curso de agua consume CO_2 y eleva el pH. En el agua dulce, un aumento de la temperatura puede provocar una disminución del pH. (Cattaneo & López, 2013).

La materia orgánica presente en un curso de agua es biodegradada por los microorganismos aeróbicos (que trabajan en presencia de oxígeno). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) es una técnica usada para establecer los requerimientos de oxígeno necesario para la degradación bioquímica de la materia orgánica presente en el agua. (Cattaneo & López, 2013)

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

El agua con altas concentraciones de nitratos (NO_3^-) representa un riesgo para la salud, especialmente en los niños. La acción de la flora estomacal reductora puede transformar los nitratos en nitritos, capaces de convertir a la hemoglobina en metahemoglobina, inhibiéndose el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque este sería un proceso reversible, puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños. Los nitratos también pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas, compuestos de efectos cancerígenos. La presencia de nitratos en un curso de agua puede atribuirse a fuentes naturales como los depósitos geológicos y al contacto con vegetación en descomposición. Sin embargo, una de las fuentes principales de nitratos en el agua son los fertilizantes. (Cattaneo & López, 2013)

Cattaneo & López, (2013), determinan que los fosfatos en el agua provienen de: fertilizantes, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza. Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, produciéndose la eutrofización. (Cattaneo & López, 2013)

Según (Coral, 2013), *“los fosfatos no son tóxicos y no representan una amenaza directa para la salud humana y de otros organismos, pero son una amenaza indirecta para la calidad del agua. Es a menudo el nutriente limitante en las aguas superficiales. Los fosfatos son usados en la fabricación de detergentes, en el acondicionamiento de agua”*.

En lo que respecta a la temperatura, se debe considerar que una modificación de la temperatura media de un curso de agua afecta a los peces y a las algas que habitan en ellas. El uso del agua para la refrigeración de centrales termoeléctricas genera contaminación térmica. También el vertido de efluentes de actividades industriales puede afectar la temperatura media de

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

los cursos de agua. La modificación de la temperatura afecta la concentración del oxígeno y el pH, entre otros valores. Un aumento de la temperatura tendrá también influencia en la cinética de todos los procesos fisicoquímicos y biológicos que en ella ocurren. (Cattaneo & López, 2013)

La turbidez del agua representa la falta de transparencia del agua debido a la presencia de material en suspensión. Este material puede ser de distintos orígenes: plancton o fitoplancton, sedimentos erosivos, suspensión de partículas del fondo o descarga de efluentes. Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) con el turbidímetro o nefelómetro que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. (Cattaneo & López, 2013)

La presencia de sólidos disueltos totales en el agua puede afectar seriamente su palatabilidad y provocar reacciones fisiológicas adversas en el consumidor. Se calcula a partir de la conductividad del agua. Los sólidos disueltos pueden provenir de distintos vertidos, por disolución del lecho rocoso, por percolación de suelos, etc.(Cattaneo & López, 2013)

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los elementos imprescindibles para el ecosistema acuático y su disminución por debajo de ciertos valores, o su ausencia, alteran profundamente el mismo. Esta característica ha hecho que el OD haya sido y siga siendo el indicador de calidad por excelencia y en la mayor parte de los ríos un buen indicador de su estado. Sin embargo el OD presenta dos limitaciones, por un lado corresponde a un parámetro global resultante de las interacciones de los procesos ecológicos/químicos/físicos que tienen lugar en el seno del agua, pero por esta misma causa no permite reconstruir estas interacciones; por otro lado, no

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

proporciona información de determinadas sustancias que pueden ser críticas (como por ejemplo la presencia de metales pesados o la existencia de tóxicos). (Coral K, 2013)

Su concentración depende de la difusión en el agua del aire del entorno, la aireación del agua debida a saltos o agitación, y como subproducto de la fotosíntesis. Su concentración también varía con la temperatura, disminuyendo a medida que esta aumenta. La superpoblación bacteriana disminuye el oxígeno disuelto, lo mismo que la eutrofización de los cursos de agua. El oxígeno afecta a otros indicadores, no solo los bioquímicos, sino también estéticos como el olor, claridad del agua y sabor. Los niveles altos de oxígeno disuelto aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua. (Cattaneo & López, 2013)

A nivel del país existe la metodología del Índice de Calidad IC propuesta por Coral, K. (2013), quien determina que *“El índice de calidad es un número adimensional obtenido de la relación que existe entre la concentración de los contaminantes contenidos en la muestra y la concentración máxima admitida por la normativa ambiental aplicable”*

En este contexto el presente trabajo está relacionado con la determinación de la calidad de agua de la Cuenca del río Coca, considerando que esta importante cuenca amazónica durante los últimos años ha presentado graves problemas de erosión que han afectado las características propias de la misma, por lo que conocer el estado de su calidad es fundamental debido a que las aguas de este río son usadas principalmente para actividades agrícolas y ganaderas, turísticas y consumo humano.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

De acuerdo a lo expuesto, se planteó como hipótesis del presente trabajo que a partir de la aplicación de los Índices de Calidad ICA-NSF e IC (Coral, K. 2013), se puede determinar la calidad del agua de la Cuenca del Río Coca

El objetivo general del trabajo fue aplicar los índices de calidad ICA e IC en la Cuenca del Río Coca, utilizando datos 2019-2020, para la evaluación de la calidad ambiental de la cuenca; para esto, se cumplieron los siguientes objetivos específicos:

Procesar la información de parámetros físico-químicos y microbiológicos de los años 2019 y 2020 utilizando datos de la red de monitoreo hidrológico del Instituto Nacional de Meteorológica e Hidrología (INAMHI), para establecer los índices de calidad de la cuenca.

Calcular los índices de calidad de agua utilizando la metodología (ICA-NSF), e IC índice de calidad para determinar el grado de contaminación de los afluentes del río Coca con respecto a su condición general y a contaminantes específicos.

Comparar los índices de calidad de agua para determinar sus diferencias y recomendar la mejor opción aplicable.

2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

La Cuenca del Río Coca se encuentra ubicada al noreste de Ecuador, en las estribaciones de la cordillera sub-oriental, abarca las provincias de Napo y Sucumbíos, al norte de la región Subandina. El mayor porcentaje de la cuenca está dentro del cantón el Chaco 2531,54 km², seguido por Quijos 1452,42 km² y en menores porcentajes los cantones Lago Agrío 6,6 km²,

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Cascales 51,42 km², la Joya de los Sachas 106 km², Archidona 107,82 km², Cayambe 255,16 km², Orellana 264,05 km² y Gonzalo Pizarro 506,42 km².

El río Coca se forma de la unión de los ríos Quijos y Salado. El área de la cuenca hidrográfica es de 5283.74 km², la altitud varía desde 320 m.s.n.m, hasta 5790 m.s.n.m. (volcán Cayambe). La estación hidrológica H1134 es el punto de cierre de la Cuenca. (Andrade, 2016)

La precipitación media anual es de 2950 mm, el período de mayor pluviosidad se registra entre mayo y julio. Llegándose a registrar hasta 6000 mm de lluvia al año en la estación del Reventador. La zona en estudio se caracteriza por tener alta humedad relativa durante todo el año, con valores del orden de 84,3 %. (Andrade, 2016).

Los puntos de observación de calidad de agua corresponden a la red hidrológica que el INAMHI mantiene en la Cuenca (Tabla 1), la información de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para la determinación de los Índices de calidad de agua ICA-NSF e IC (Coral, K), corresponde a los meses de julio, noviembre y diciembre del año 2019 y julio, octubre y noviembre del año 2020.

Tabla 1: Estaciones Hidrológicas

Código	Estación Hidrológica	Coordenadas		Altitud
		Latitud Y	Longitud X	Msnm
H0729	Oyacachi A.J. Quijos	9964086	187022	1510,00
H0728	Salado A.J. Quijos	9979439	195502	3030,57
H0719	Quijos D.J. Oyacahi	9964766	857402	3157,49

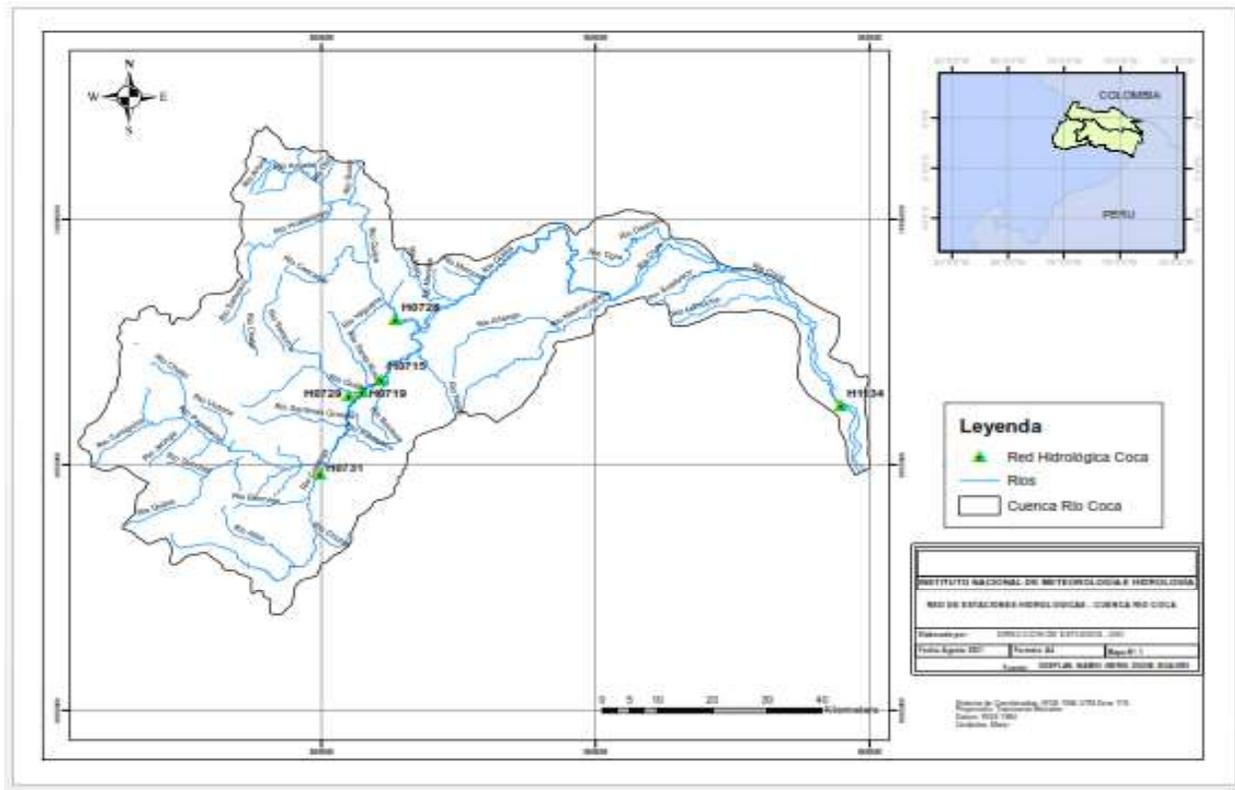
DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Código	Estación Hidrológica	Coordenadas		Altitud
		Latitud Y	Longitud X	Msnm
H0715	Quijos A.J. Bombón	9967207	192997	3133,57
H0731	Cosanga AJ Quijos	9948148	849634	2804,48
H1134	Coca en San Sebastián	9962134	276624	2455,55

Elaborado: Jeaneth Cartagena, 2021

Fuente: (INAMHI, 2015)

Ilustración 1 Mapa Cuenca del Río Coca. Estaciones Hidrológicas



Fuente: INAMHI 2021

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

La estación hidrológica H1134 Coca en San Sebastián se considera como punto de cierre de cuenca, se encuentra ubicado cerca de la desembocadura del Río Coca en la ciudad de Puerto Francisco de Orellana.

3. Metodología

3.1 Base de datos

Se realizó la recopilación y procesamiento de información primaria de calidad de agua de los meses de julio, octubre y diciembre del año 2019 y de los meses de julio, octubre y noviembre del año 2020, de las seis estaciones hidrológicas que el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología mantiene en la Cuenca del Río Coca.

Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos considerados para la aplicación de los índices de calidad de agua se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros físico-químicos y microbiológicos

Parámetros	Unidades	Técnica de Análisis	Método de referencia
pH	UpH	Electrometría	Standard Methods Ed 22 2017. 4500-H+ B
Nitratos (expresados como NO ₃ -N)	mg/L	Espectrofotometría UV-Visible	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-NO3- A y B
Hierro	mg/L	Espectrofotometría de absorción atómica llama	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	Gravimetría	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 B y C
Turbidez	NTU	Nefelometría	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Parámetros	Unidades	Técnica de Análisis	Método de referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	Volumetría	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C
Manganeso	mg/L	Espectrofotometría de absorción atómica llama	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	Espectrofotometría	HACH No 8000 12/99 7 ed.
Zinc	mg/L	Espectrofotometría de absorción atómica llama	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B
Oxígeno Disuelto	mg/L	Volumetría	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C
Fosfatos	mg/L	Espectrofotometría UV-Visible	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C
Coliformes totales	NMP/100 mL	Microbiológicas	Standard Methods Ed 23, 2017. 9223 B 2a (modificado)
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Microbiológicas	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 (modificado)
Sulfatos	mg/L	Espectrofotometría	HACH No 8051 12/99 7 ed.

Elaborado: Jeaneth Cartagena

3.2 Metodología ICA-NSF: desarrollada por Brown (1970), la cual se basa en nueve parámetros físicos, químicos y microbiológicos con diferentes unidades, razón por la cual la NSF hizo uso de curvas o funciones de calidad (Ver Anexo 1), las cuales están relacionadas con una escala adimensional, obteniéndose subíndices para cada uno de los parámetros, a través de las siguientes ecuaciones: (Cattaneo & López, 2013)

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Cálculo modelo del Subíndice Q_i : el valor de Q_i de los distintos parámetros se obtiene a partir del valor del análisis realizado en laboratorio para cada parámetro analítico.

- Subíndice Q_i para DBO₅

Condición, Si $DBO_5 \geq 30$; $Q_{DBO_5} = 2$

$$Q_{DBO_5} = (1.8677 * 10^{-4})(DBO_5)^4 - (1.6615 * 10^{-2})(DBO_5)^3 + (5.9636 * 10^{-1})(DBO_5)^2 \\ (1.1152 * 10^1)(DBO_5)^1 + 1.0019 * 10^2$$

Ecuación 1 (Jiménez & Vélez, 2006)

- Subíndice Q_i para %OD

Condición, Si %OD = 140; $Q_{\%OD} = 50$

$$Q_{\%OD} = (3.1615 * 10^{-8})(OD\%)^5 - (1.0304 * 10^{-5})(OD\%)^4 + (1,0076 * 10^{-3})(OD\%)^3 - \\ (2.7883 * 10^{-2})(OD\%)^2 + (8.4068 * 10^{-1})(OD\%) + 1.6120 * 10^{-1}$$

Ecuación 2 (Jiménez & Vélez, 2006)

- Subíndice Q_i para Coliformes Fecales

Condición, Si Coliformes fecales = 100000; $Q_{coli} = 20$

$$\ln Q_{coli} = -0.0152(\ln C)^2 - 0.1063(\ln C) + 4.5922$$

Ecuación 3 (Jiménez & Vélez, 2006)

- Subíndice Q_i de Nitratos.

Condición, Si Nitratos = 100; $Q_{NO_3^-} = 1$

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

$$Q_{NO_3} = (3.5603 * 10^{-9})(NO_3^-)^6 - (1.2183 * 10^{-6})(NO_3^-)^5 + (1,6238 * 10^{-4})(NO_3^-)^4 - (1.0693 * 10^{-2})(NO_3^-)^3 + (3.7304 * 10^{-1})(NO_3^-)^2 - (7.5210)(NO_3^-)^1 + 1.0095 * 10^2$$

Ecuación 4 (Jiménez & Vélez, 2006)

- **Subíndice Q_i para pH**

Condición, Si $pH < 2$ o $pH > 12$; $Q_{pH} = 0$

Para $pH > 7.5$:

$$Q_{pH} = (-1.11429)pH^4 + (44.50952)pH^3 - (656.60000)pH^2 + (4215.34762pH) - 9840.14286$$

Ecuación 5 (Jiménez & Vélez, 2006)

- **Subíndice Q_i para ΔT .**

$\Delta T = T_{amb} - T_{agua}$

$$Q_{\Delta T} = (1.9619 * 10^{-6})(\Delta T^6) - (1.3964 * 10^{-4})(\Delta T^5) + (2.5908 * 10^{-3})(\Delta T^4) + (1.5398 * 10^{-2})(\Delta T^3) - (6.7925 * 10^{-1})(\Delta T^2) - (6.7204 * 10^{-1})(\Delta T^1) + 9.0392 * 10^1$$

Ecuación 6 (Jiménez & Vélez, 2006)

- **Subíndice Q_i de Sólidos Totales Disueltos.**

Condición, Si Sólidos Disueltos Totales > 500 ; $Q_{STD} = 3$

$$Q_{STD} = (-4.4289 * 10^{-9})(STD)^4 + (4.650 * 10^{-6})(STD)^3 - (1.9591 * 10^{-3})(STD)^2 + (1.897 * 10^{-1})(STD) + 8.0608 * 10^1$$

Ecuación 7 (Jiménez & Vélez, 2006)

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

- **Subíndice Q_i para Fosfatos.**

Condición, Si Fosfatos > 10; $Q_{PO_4^{-3}} = 20$

$$Q_{PO_4^{-3}} = (4.67320 * 10^{-3})(PO_4^{-3})^6 - (1.61670 * 10^{-1})(PO_4^{-3})^5 + (2.20595)(PO_4^{-3})^4 - (1.50504 * 10^1)(PO_4^{-3})^3 + (5.38893 * 10^{-1})(PO_4^{-3})^2 - (9.98933 * 10^1)(PO_4^{-3})^1 + 9.9831 * 10^1$$

Ecuación 8 (Jiménez & Vélez, 2006)

Subíndice Q_i para Turbiedad.

Condición, Si Turbiedad > 100; $Q_{Turbiedad} = 5$

$$Q_{Turb} = (1.8939 * 10^{-6})(Turb)^4 - (4.9942 * 10^{-4})(Turb)^3 + (4.9181 * 10^{-2})(Turb)^2 - (2.6284)(Turb)^1 + 9.8098 * 10^1$$

Ecuación 9 (Jiménez & Vélez, 2006)

Los pesos asignados a cada parámetro según González et al. (2013) se presentan en la Tabla 3, en el Anexo 1 se presentan las curvas de función según Brown (1970), modificadas por Samboni et al. (2007), que se utilizan para determinar por cada valor de la concentración de los parámetros contemplados en el ICA, el valor de Q_i correspondiente. (Quiroz et al., 2017).

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Tabla 3. Parámetros y pesos relativos

Parámetros Sub_i	Unidades	Wi Factor de ponderación
Coliformes fecales	NMP/100ml	0.16
pH	Unidades de pH	0.11
DBO ₅	mg/L	0.10
Nitratos	mg/L	0.10
Fosfatos	mg/L	0.10
Temperatura	°C	0.10
Turbidez	NTU	0.08
Sólidos disueltos totales	mg/L	0.07
Oxígeno Disuelto	%	0.17
Total		1.00

Elaborado: Jeaneth Cartagena, Fuente: (SNET, 2000)

Cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA): para el cálculo del promedio aritmético ponderado NSF se consideraron los subíndices (Q_i) de los 9 parámetros establecidos en la metodología y los factores de ponderación establecidos para cada parámetro, se aplicó la siguiente ecuación:

Ecuación 10: **Cálculo ICA-NSF**

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Q_i * W_i)$$

Fuente: (SNET, 2000)

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Donde:

W_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub_i), ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Q_i: Valor de cada parámetro.

Escala de valoración ICA-NSF: para condiciones consideradas óptimas el “ICA” adopta una valoración máxima de 100 que representa un agua de calidad excelente, a medida que aumenta la contaminación en un curso de agua el valor de calidad va disminuyendo de acuerdo a lo establecido en la Tabla 4.

Tabla 4 Categorías del Índice de Calidad de Agua NSF

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR	CRITERIO
Excelente		91-100	Son capaces de poseer una alta diversidad de vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto con ella
Buena		71-90	Tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas
Media		51-70	Pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación
Mala		26-50	Pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR	CRITERIO
Pésima		0 a 25	Pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como la natación

Elaborado: Jeaneth Cartagena,

Fuente: SNET, 2000

3.3 Metodología Índice de calidad IC

El IC se obtuvo de la relación entre la concentración de los contaminantes contenidos en la muestra y la concentración máxima admitida por la normativa ambiental aplicable. Ver Tabla 5 Criterios de calidad de agua

Tabla 5 Criterios de calidad de agua. Acuerdo Ministerial 097 A

Parámetros	Criterio de calidad	Unidad	Fuente Acuerdo 097-A
Coliformes fecales	1000	NMP/100ml	Tabla 1. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico
Nitratos	50	mg/L	
Turbidez	100	NTU	
Sulfatos	500	mg/L	
		unidades de	
pH	6-9	pH	
Hierro total	1,0	mg/L	

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Parámetros	Criterio de calidad	Unidad	Fuente Acuerdo 097-A
Cobre	2,0	mg/L	
Hierro total	1,0	mg/L	
Sulfatos	500	mg/L	
DBO5	20	mg/L	Tabla 2. Criterios de calidad
DQO	40	mg/L	admisibles para la
Cinc	0,015	mg/L	preservación de la vida
Manganeso	0,1	mg/L	acuática y silvestre en aguas
Oxígeno disuelto	3	mg/L	dulces, marinas y estuarios
Sólidos totales disueltos	3000 valor máximo	mg/L	Tabla 3. Criterios de calidad
Coliformes totales	2000	mg/L	de agua para riego agrícola
			Tabla 5. Criterios de calidad
			de aguas para uso pecuario
			Tabla 6. Criterios de calidad
			de aguas para fines
			recreativos mediante
			contacto primario

Elaborado. Jeaneth Cartagena
Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Para el cálculo del Índice de Calidad IC se utilizó la ecuación establecida por (Coral, K 2013):

Ecuación 11: **Cálculo IC**

$$IC = (Ca/Cma + Cb/Cmb) + \dots + Cn/Cm_n)/n$$

Donde:

IC = Índice de calidad de agua

Ca = Concentración existente del contaminante a

Cb = Concentración existente del contaminante b

Cma = Concentración máxima del contaminante a

Cmb = Concentración máxima del parámetro b

n = número de parámetros considerados

Escala de valoración IC: para condiciones consideradas óptimas se tienen un valores <1, a medida que la calidad de agua va disminuyendo se obtienen valores > 1, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 6.

Tabla 6 Categorías del IC (Coral K, 2013)

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Buena calidad		<1
Regular calidad		IGUAL 1
Mala calidad		>1

Elaborado: Jeaneth Cartagena

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

4. Resultados

4.1 Análisis de datos

Los datos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos se obtuvieron de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, correspondientes a los monitoreos realizados en las estaciones hidrológicas del INAMHI: Cosanga A.J. Quijos, Quijos A.J. Bombón, Salado A.J. Quijos, Oyacachi A.J. Quijos, Quijos DJ Oyacachi y Coca en San Sebastián (cierre de cuenca), en los meses de julio, octubre y diciembre del año 2019 y julio, octubre y noviembre del año 2020.

Se realizó el cálculo de la incertidumbre de los datos de los parámetros físico-químicos, para lo cual se utilizó la incertidumbre de los niveles de validación de los métodos acreditados (Ver Anexo B), se determinó la incertidumbre de cada uno de los datos en porcentaje (Ver Anexo C), no se consideraron los parámetros microbiológicos ya que los resultados obedecen a una escala logarítmica.

Teniéndose como resultado la información validada y sistematizada de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos para la determinación de los Índices de calidad de agua ICA-NSF e Índice de Calidad IC (Coral K. 2013).

4.2 Índices de Calidad de Agua

4.2.1 ICA-NSF (The National Sanitation Foundation)

Se realizó el cálculo del índice de calidad de agua ICA-NSF, con la información de los monitoreos realizados en los meses de julio, noviembre y diciembre del año 2019 y los

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

monitoreos realizados en los meses de julio, octubre y noviembre para cada una de las estaciones hidrológicas. Ver Anexo 2.

Se pudo determinar que de acuerdo al promedio obtenido de los índices de calidad ICA-NSF para cada estación hidrológica de monitoreo, la calidad del agua se encuentra dentro de la categoría definida como “Media”. Ver Tabla 7

Tabla 7 Resultados Índice de Calidad de Agua ICA-NSF, Año 2019

CODIGO	Estaciones Hidrológicas	Julio	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO ICA
	Salado AJ				
H0728	Quijos	69	69	67	68
	Cosanga AJ				
H0731	Quijos	73	66	61	67
	Oyacachi AJ				
H0729	Quijos	71	68	66	68
	Quijos AJ				
H0715	Bombón		65	63	64
	Quijos DJ				
H0719	Oyacachi	68	67	67	67
	Coca en San				
H1134	Sebastián	67	66	67	67

Elaborado: Jeaneth Cartagena

Se puede determinar que de acuerdo al promedio de los índices de calidad ICA-NSF para la estación H0728 Salado AJ Quijos la misma presenta una calidad de agua “Buena”, el resto de estaciones hidrológicas presentan una calidad de agua de categoría “Media”, de acuerdo al

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

promedio obtenido de los meses julio, noviembre y diciembre que se realizaron los monitoreos.

Ver Tabla 8.

Tabla 8 Resultados Índice de Calidad de Agua ICA-NSF, Año 2020

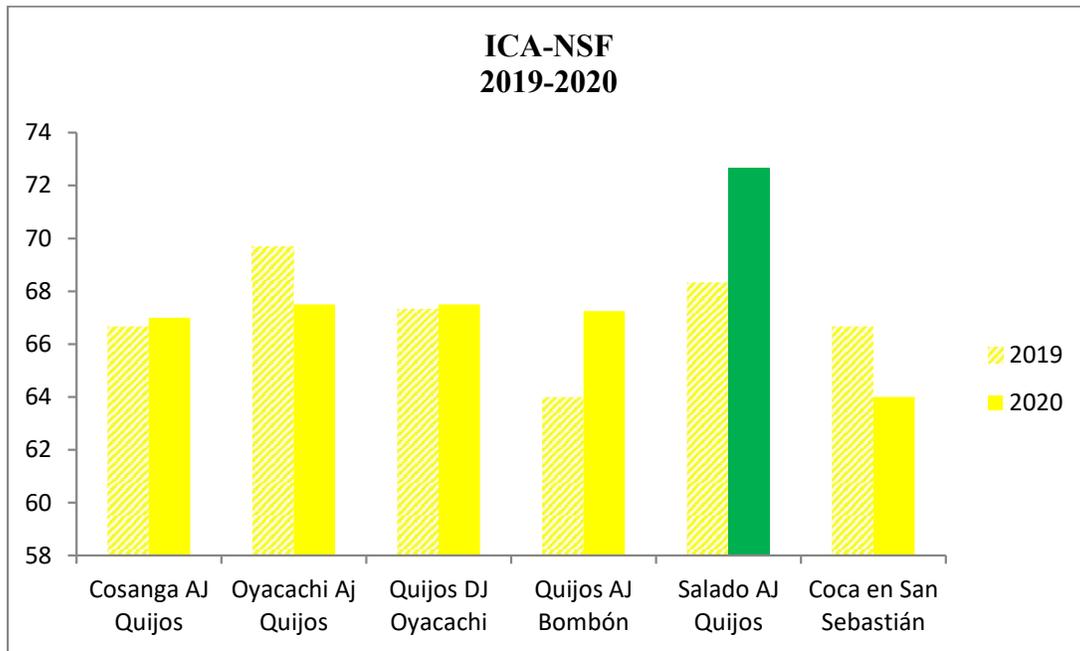
CODIGO	Estaciones Hidrológicas	Julio	Octubre	Noviembre	Noviembre	PROMEDIO ICA
0728	Salado AJ Quijos		72	73	73	73
H0731	Cosanga AJ Quijos	67	63	67	71	67
H0729	Oyacachi AJ Quijos	74	66	67	63	68
H0715	Bombón Quijos	65	66	69	69	67
H0719	Quijos DJ Oyacachi	68	68	69	65	68
H1134	Coca en San Sebastián	69	54	59	74	64

Elaborado: Jeaneth Cartagena

En la Ilustración 1 se puede apreciar que tanto en el año 2019 como en el año 2020, se mantiene la tendencia en lo que respecta a la calidad del agua en las estaciones hidrológicas monitoreadas a lo largo de la Cuenca del Río Coca, de acuerdo a la categorización establecida por la NSF presentan una calidad de agua catalogada como “Media”; observándose que en el año 2020 únicamente la estación Salado AJ Quijos mejora la calidad del agua, teniéndose una calidad de agua “Buena”.

Ilustración 2 Índice de calidad de agua ICA-NSF, período 2019-2020

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA



Elaborado: Jeaneth Cartagena

4.2.2 Índice de Calidad IC

Obtenido de la relación que existe entre la concentración de los contaminantes contenidos en la muestra y la concentración máxima admitida por la normativa ambiental aplicable *Acuerdo Ministerial 097-A* (Coral K, 2013).

Se debe destacar que para el cálculo del IC se consideraron además las concentraciones de los parámetros coliformes totales, hierro total, zinc, manganeso, demanda química de oxígeno y sulfatos que no fueron considerados en el ICA-NSF y se exceptúa el parámetro fosfato por no contar con un criterio de calidad en la normativa ambiental vigente.

Se realizó el cálculo del índice de calidad de agua IC, con la información de los monitoreos realizados en los meses de julio, noviembre y diciembre del año 2019 y los

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

monitoreos realizados en los meses de julio, octubre y noviembre para cada una de las estaciones hidrológicas. Ver Anexo 3.

Se puede determinar que de acuerdo al promedio de los índices de calidad IC-(Coral, 2013), obtenidos para la estación H1134 la misma presenta una calidad de agua catalogada como “Buena”, el resto de estaciones hidrológicas presentan una calidad de agua de categoría “Mala”, de acuerdo al promedio obtenido de los meses de monitoreo. Ver Tabla 10.

Tabla 9 Resultados Índice de Calidad (Coral, 2013), Año 2019

CODIGO	Estaciones Hidrológicas					PROMEDIO
		Julio	Noviembre	Diciembre	IC	
H0728	Salado AJ Quijos	2,04	0,73	0,76	1,18	
H0731	Cosanga AJ Quijos	1,03	1,71	0,86	1,20	
H0729	Oyacachi AJ Quijos	1,08	1,12	0,91	1,04	
H0715	Quijos AJ Bombón		1,67	0,91	1,29	
H0719	Quijos DJ Oyacachi	0,79	1,65	1,77	1,40	
H1134	Coca en San Sebastián	0,68	0,95	1,08	0,90	

Elaborado: Jeaneth Cartagena

Se puede determinar que de acuerdo al promedio de los índices de calidad IC-(Coral, 2013), obtenidos para el año 2020 la misma difiere en dos estaciones de monitoreo H0731Cosanga AJ Quijos y H0729 Oyacachi AJ Quijos que presentan una calidad de agua catalogada como “Buena”, el resto de estaciones hidrológicas presentan una calidad de agua de

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

catalógadas como “Mala”, de acuerdo al promedio obtenido de los meses de monitoreo. Ver Tabla 11.

Tabla 10 Resultados Índice de Calidad (Coral, 2013), Año 2020

CODIGO	Estaciones Hidrológicas					PROMEDIO
		Julio	Octubre	Noviembre	Noviembre	IC
H0728	Salado AJ Quijos Cosanga AJ		10,54	0,80	0,84	4,06
H0731	Quijos Oyacachi AJ	0,72	1,24	0,65	1,26	0,97
H0729	Quijos Quijos AJ	0,83	0,81	0,90	1,07	0,90
H0715	Bombón Quijos DJ	2,69	6,92	5,51	7,15	5,57
H0719	Oyacachi Coca en San	1,82	1,59	1,51	1,77	1,67
H1134	Sebastián	1,18	4,98	2,09	6,33	3,65

Elaborado: Jeaneth Cartagena

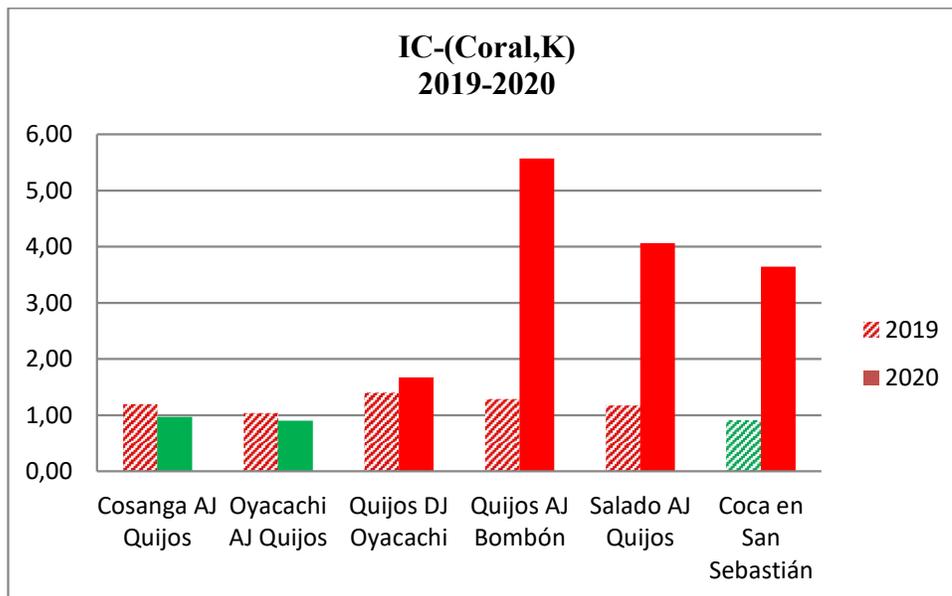
Se debe destacar que para el cálculo del IC se consideraron además las concentraciones de los parámetros coliformes totales, hierro total, zinc, manganeso, demanda química de oxígeno y sulfatos que no son considerados en el ICA-NSF.

En la Ilustración 3, se puede apreciar que tanto en el año 2019 como en el año 2020, predomina la tendencia en lo que respecta a la calidad del agua en las estaciones hidrológicas monitoreadas a lo largo de la Cuenca del Río Coca, de acuerdo a la categorización establecida por IC (>1) presentan una calidad de agua catalogada como “Mala”; observándose que en el año

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

2019 únicamente la estación H1134 Coca en San Sebastián presenta agua clasificada como de buena calidad, en el año 2020 las estaciones H0731 Cosanga AJ Quijos y H0731 Oyacachi AJ Quijos presenta agua de buena calidad.

Ilustración 3 Índice de Calidad IC (Coral,K), período 2019-2020

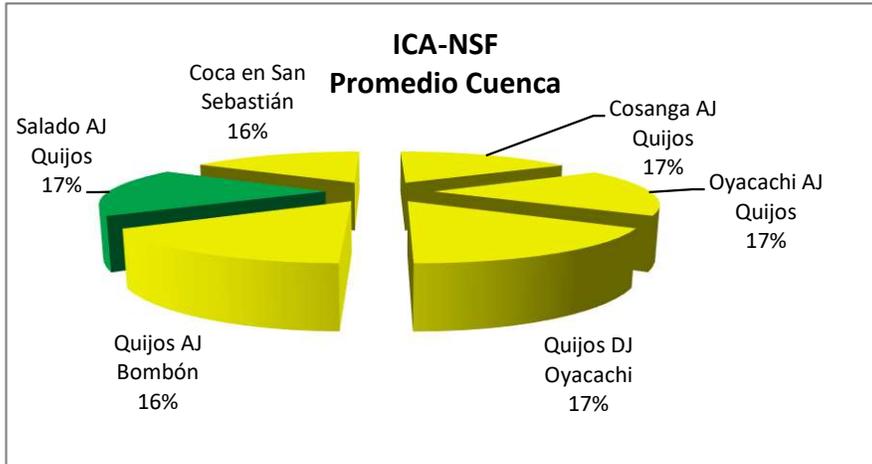


Elaborado: Jeaneth Cartagena

En la Ilustración 4 se representa el promedio de Cuenca, se puede determinar que el 84% del agua de la cuenca del río Coca presenta una calidad de Agua Media y el 17% de agua de la cuenca presenta una calidad “buena”, que de acuerdo a la clasificación establecida en la metodología del ICA.NSF; y de acuerdo al criterio establecido por (SNET, 2000) “*el agua puede solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación*”.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

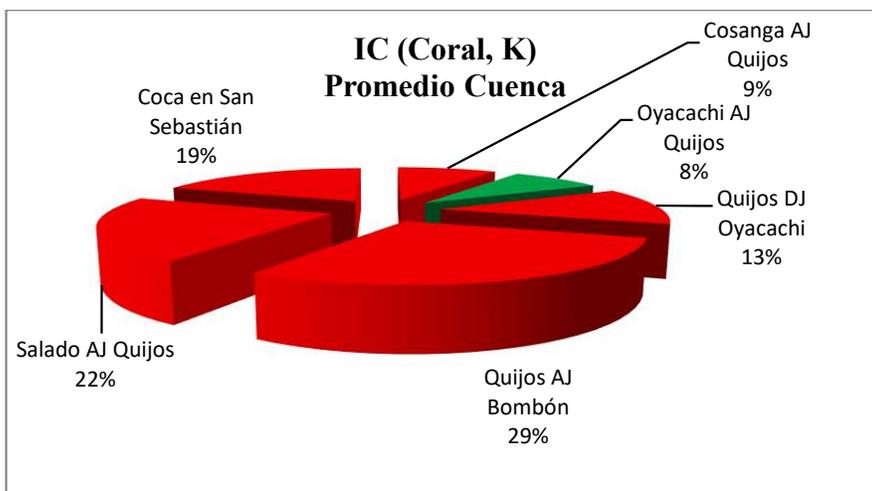
Ilustración 4 Índice de Calidad de Agua ICA-NSF promedio de cuenca



Elaborado: Jeaneth Cartagena

En la Ilustración 5 se representa el promedio de Cuenca, se puede determinar que el 92% del agua de la cuenca del río Coca presenta una calidad de Agua “Mala” y el 8% de agua de la cuenca presenta una calidad “Buena”, de acuerdo a la clasificación establecida en la metodología del IC (Coral K, 2013).

Ilustración 5 Índice de Calidad IC (Coral,K), promedio de cuenca



Elaborado: Jeaneth Cartagena

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

4.3 De acuerdo a los resultados obtenidos una vez determinados los índices de calidad se puede establecer que existen diferencias sustanciales en los criterios establecidos entre los dos índices para determinar la calidad del agua, uno de los aspectos relevantes está relacionado específicamente que en el caso del ICA NSF, método en el cual las nueve variables consideradas y el peso asignado a cada una se basa en el criterio técnico establecido por un panel de expertos a través del uso del Método Delphi, lo cual le da un cierto grado de subjetividad a este método, mientras que el método IC está basado en la relación existente entre cada contaminante y el criterio de calidad establecido en la normativa ambiental vigente Acuerdo 097-A (2015).

El parámetro fosfato considerado en el ICA-NSF, no puede ser valorado en el cálculo del IC debido a que la normativa vigente Acuerdo Ministerial 097-A (2015), no establece límites permisibles para este parámetro, a pesar de que el mismo es de gran importancia, debido a que está relacionado directamente con los procesos de eutrofización de los recursos hídricos.

5. Discusión

En el país el agua es considerada como patrimonio nacional, estratégico es un bien de uso público, imprescindible para la vida, sin embargo, en los últimos años está se ha visto afectada por diversas actividades de origen natural y antropogénico que han afectado las características físico-químicas y microbiológicas de los recursos hídricos. (Estrategia Nacional de Calidad de Agua, 2017). En este sentido el conocimiento de la calidad del agua es de gran importancia para una adecuada gestión de este recurso a nivel nacional y local.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

En este contexto la determinación de los índices de calidad ICA e IC para la Cuenca del Río Coca brindan una visión más clara del estado de las condiciones físico-químicas y microbiológicas de los recursos hídricos de esta zona, información que al ser correlacionada con la normativa ambiental vigente Acuerdo 097 A (2015), nos permite determinar si el agua es apta para la ejecución de las diversas actividades socio-productivas que se desarrollan en la cuenca.

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología del ICA-NSF, determinan de manera general que el agua a nivel de la cuenca es de calidad media, el menor número de parámetros considerados en esta metodología con respecto a la metodología del IC puede ocasionar que la calidad del agua evaluada presente un comportamiento relativamente constante.

Únicamente en el año 2020 para la estación H0728 Salado AJ Quijos se obtiene una calidad de agua buena, el ICA-NSF corresponde a las características del Río Salado antes de la junta con el Río Quijos, característica que puede verse influenciada por un notable incremento del caudal del Río Salado, lo cual puede favorecer la dilución de los contaminantes. (Ver Anexo D).

Los resultados obtenidos con la aplicación del IC establecido por (Coral, K. 2013), se encuentran correlacionados con la normativa ambiental vigente Acuerdo 097-A (2015), por lo que se considera que el mismo es más restrictivo en relación al ICA de Brown, además nos permite tener una visión más real de la calidad del agua de la cuenca.

Sin embargo, el IC tiene una limitante debido a que no se puede establecer una correspondencia directa entre los criterios de calidad (usos) y clases o categorías debido a que el

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Acuerdo Ministerial 097-A, no presenta parámetros comunes en sus respectivas tablas, para el presente trabajo se hizo uso de los criterios establecidos en las Tablas 1,2,3,5 y 6.

En el año 2019 el IC para la estación H1134 Coca en San Sebastián determina una calidad de agua buena sin embargo los resultados pueden verse influenciados por la operación de la Central Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair debido a que la estación hidrológica donde se tomó la muestra se encuentra ubicada después de la captación de la central, por lo que las características de calidad no obedecen a las condiciones naturales del río.

En el año 2020 el IC para las estaciones H0731 Cosanga AJ Quijos y H0729 Oyacachi AJ Quijos en la parte alta de la cuenca, determina una calidad de agua buena esto se debe a que la influencia antrópica en estos tributarios es mínima, el IC calculado nos da una visión de la calidad de agua de los ríos Cosanga y Oyacahi antes de la junta con el Río Quijos, es decir no se valora la influencia del Río Quijos.

El valor de IC más alto se obtuvo para las estaciones Quijos DJ Oyacahi y Quijos AJ Bombón tanto en los años 2019 como 2020, se presentan concentraciones que sobrepasan los criterios de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente para los coliformes fecales (Tabla 1 Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico), coliformes totales (Tabla 6 Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario), oxígeno disuelto (Tabla 3 Criterios de calidad de agua para riego agrícola), esto se debe principalmente a que a lo largo del Río Quijos se encuentran asentadas varias poblaciones que en muchos de los casos no cuentan con alcantarillado por lo que realizan las descargas de aguas residuales directamente al río. (Ver Anexo E)

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

En el cálculo del IC se realizó además la evaluación de metales pesados como el manganeso (Mn), hierro (Fe) y zinc (Zn), teniéndose que las concentraciones de estos metales en el año 2020, para la estación H0719 Quijos DJ Oyacachi sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 2 Criterios de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas, lo que determina la afectación de los recursos hídricos evidenciada a través del IC obtenido para la estación que determina que la misma es de mala calidad.

Otras actividades que se desarrollan en el área de influencia del Río Quijos y que afectan la calidad del agua son la extracción de materiales pétreos, el ingreso de maquinaria pesada al lecho del río causa efectos negativos en cuanto a la calidad del agua, y la minería metálica artesanal.

En cuanto a los resultados obtenidos se debe recalcar que los mismos obedecen a muestras simples, tomadas durante los años 2019 y 2020 en un punto representativo de la sección transversal del río, por lo que el ICA y el IC, evidencian su variación de acuerdo a los cambios que se producen en los recursos hídricos con el tiempo.

6. Conclusiones:

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos de la evaluación de la calidad del agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Coca para el período 2019-2020, mediante la aplicación del ICA-NSF y el IC (Coral K, 2013), se puede determinar que el IC constituye un instrumento de gestión más eficiente debido a que es un índice de tipo aditivo que puede considerar una

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

mayor cantidad de parámetros y está basado en los criterios de calidad de agua establecidos en la normativa ambiental vigente con lo cual se puede determinar la aptitud del agua considerando los diferentes usos.

El ICA-NSF nos permite tener una visión general de la calidad de agua de la cuenca mientras que el IC nos permite tener una visión de la calidad de agua de la cuenca frente a contaminantes específicos lo que nos da una visión acorde a la realidad de la Cuenca del Río Coca.

El IC no depende de un número determinado de parámetros analíticos por lo que al contar con un número mayor de parámetros para la determinación del índice de calidad se tiene la ventaja de contar con una mayor variabilidad y sensibilidad del índice con respecto a las concentraciones obtenidas de los indicadores.

No se encontraron coincidencias en la determinación de la calidad del agua aplicando los dos índices de calidad debido principalmente a la escala de valoración usada para cada índice, así como al número de parámetros considerados.

De la aplicación de los dos índices de calidad ICA-NSF se tiene como resultado que el agua de la Cuenca del Río Coca presenta una calidad “Media” y del IC (Coral K, 2013), se tiene como resultado que el agua es de “Mala” calidad, por lo que la misma no debe ser usada por contacto directo ya que se requiere de un tratamiento previo para que pueda ser usada por la población; y para el consumo humano esta requiere de procesos de potabilización. Pudiendo resumirse la combinación de los dos índices como Media con tendencia a mala.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

De acuerdo a los resultados obtenidos aplicando las metodologías ICA-NSF-IC (Coral K, 2013), para la determinación de la calidad del agua de la Cuenca del Río Coca usando información de los años 2019 y 2020, se puede concluir que hay un efecto negativo sobre la calidad de los recursos hídricos de esta zona lo que amerita que los organismos de control y gestión de recursos hídricos deben mejorar la aplicación de las políticas públicas orientadas a la regulación y control.

7. Recomendaciones

Se debería considerar a nivel de normativa ambiental la aplicación de índices de calidad para la determinación de la calidad del agua, debido a que estas herramientas de fácil interpretación son útiles para evaluar las alteraciones de las características propias de la cuenca debido a eventos naturales o causados por actividades antropogénicas desarrolladas en la cuenca.

En lo que respecta al parámetro fosfato sería recomendable que el mismo pueda ser considerado en la normativa ambiental ecuatoriana, debido a que este parámetro es muy importante como indicador ambiental ya que proporciona información sobre el grado de eutrofización de los recursos hídricos.

El Índice de calidad IC, determina de una forma más simplificada las tendencias de calidad (buena, media y mala), lo que facilita la interpretación de resultados y por ende la toma de decisiones en cuanto a la calidad del agua de un cuerpo hídrico.

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Se considera que el índice que presenta mayor facilidad para su aplicación es el índice de Calidad IC (Coral K, 2013), debido a que no depende del número de parámetros analíticos ni de la ponderación que se pueda dar a los mismos como lo establece el ICA-NSF, el IC permite trabajar con la información disponible.

Sería conveniente complementar el estudio con la determinación de índices de calidad biológicos debido a que los mismos a más de proporcionar información de las condiciones actuales proporcionan información de las condiciones ambientales en el tiempo.

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda fortalecer las acciones de vigilancia, control y monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del río Coca, con el objeto de evaluar de manera oportuna las alteraciones en la calidad de los recursos hídricos de esta zona, a través de acciones participativas y de forma permanente.

8. ANEXOS

ANEXO A. Curvas de Función ICA-NSF

ANEXO B. Niveles de Incertidumbre parámetros analíticos

ANEXO C. Datos de parámetros físico-químicos, microbiológicos e incertidumbres

ANEXO D. Caudales Río Salado 2019

ANEXO E. Estación Quijos DJ Oyacachi. Parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

9. Bibliografía

Andrade, A. (2016). *Análisis de la influencia de la geodinámica y los impactos antrópicos en la geomorfología fluvial del río coca. Caso de estudio: impactos fluviales del proyecto Coca Codo SINCLAIR – PHCCS*. [Escuela Politécnica Nacional].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15206>

Cattaneo, M., & López, E. (2013). *Evolución de la calidad del agua de la cuenca Matanza-Riachuelo*. Ciencia y Tecnología Universidad de Palermo.

<https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/cyt/article/view/110/50>

Estrategia Nacional de Calidad de Agua, 1 (2017).

Coral, K. (2013). *Evaluación y control de la contaminación* (UISEK (ed.)).

Cuenca, J., Gallardo, K., & Dominguez, I. (2021). Percepción social de la calidad y servicio de agua potable en la ciudad de El Coca, Orellana – Ecuador. *Green World Journal*, 04, 1–15.

INAMHI. (2015). *Red de Estaciones Hidrológicas*.

Jiménez, M., & Vélez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad del agua superficial. *Avances En Recursos Hidráulicos*, 14, 1–19.

<https://www.redalyc.org/pdf/1450/145020399004.pdf>

Mancheno, G., & Ramos, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la Quebrada*

Huarmiyacu del Cantón Urcuqui, Provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí

[ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>

Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menendez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *SciELO Analytics*, 38, 41–51.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004

Registro Oficial 305, 1 (2014). [http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

[content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hídricos-Usos-y-](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

[Aprovechamiento-del-Agua.pdf](http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Organica-de-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf)

Registro Oficial, 387. (2015). *Registro Oficial 387*. Www.Gob.Ec.

https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Ríos, E. (2015). *Manejo de Cuencas y adaptación al Cambio Climático*. 1–7.

https://www.researchgate.net/publication/281374585_MANEJO_DE_CUENCAS_Y_ADAPTACION_AL_CAMBIO_CLIMATICO

Rojas, L., Alberro, N., & Frías, D. (2009). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para

la gestión de los recursos hídricos. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista*

Electrónica de La Agencia de Medio Ambiente, 1–5.

<http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>

Scrib company. (n.d.). *¿Qué es un límite máximo permisible (LMP) y para qué sirve? ¿Qué Es*

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

Un Límite Máximo Permisible (LMP) y Para Qué Sirve? <https://es.slideshare.net/jihuva/ques-un-lmite-mximo-permisible>

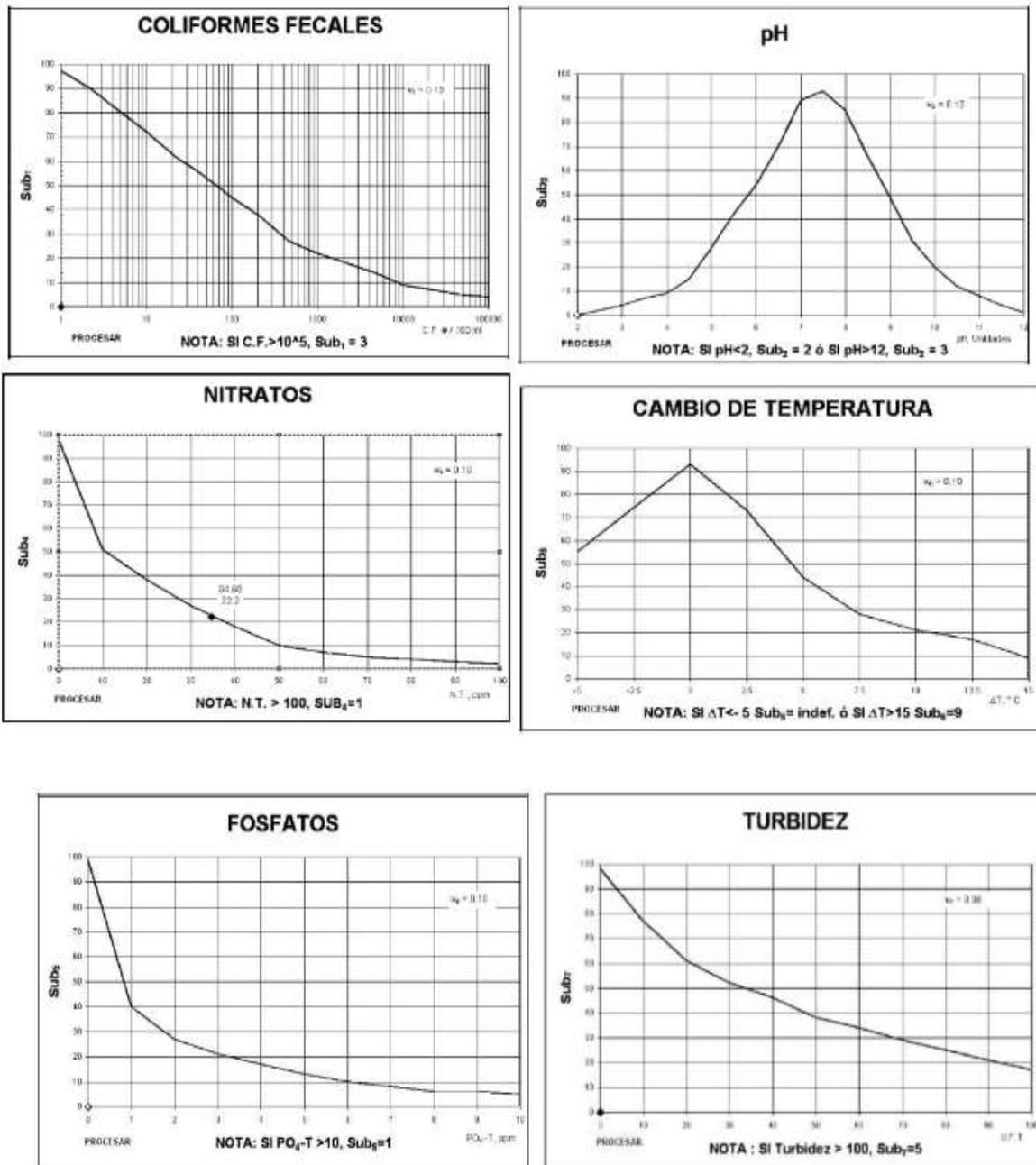
SNET. (2000). *Índice de calidad de del agua general "ICA"*. (pp. 1–14).

<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

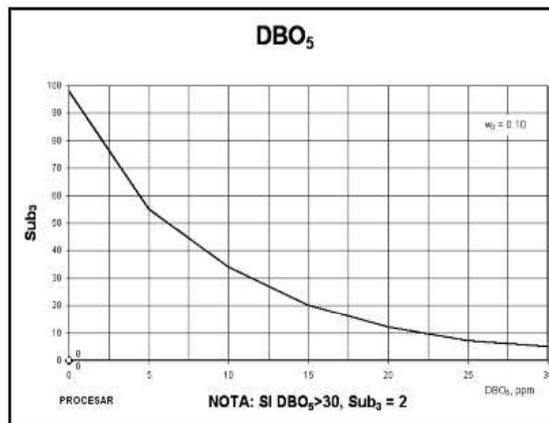
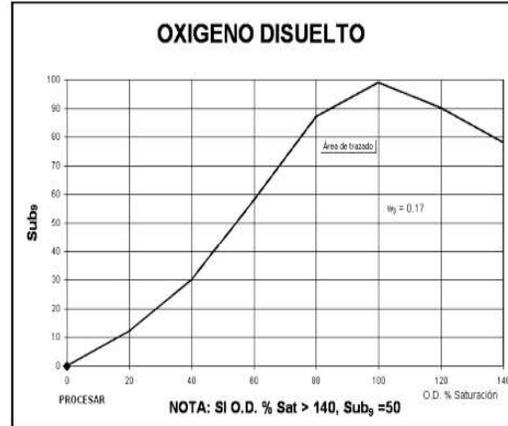
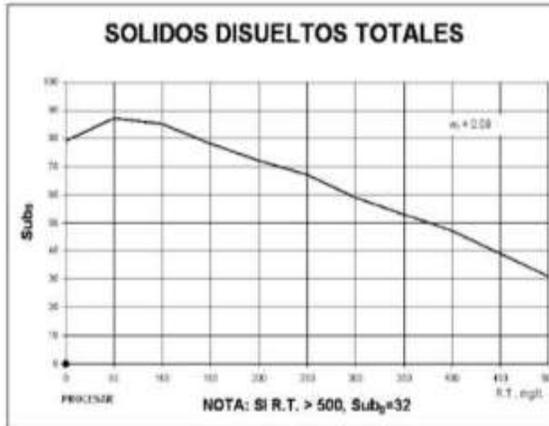
DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

ANEXO A

CURVAS DE FUNCIÓN ICA-NSF



DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA



DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

ANEXO B

NIVELES DE INCERTIDUMBRE PARÁMETROS ANALÍTICOS

MATRIZ	ENSAYO	INTERVALO DE TRABAJO	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural	Nitratos	(1,07-71,18) mg/L	k=2	1,07mg/L ± 24,84%	5,67mg/L ± 4,54 %	10,44mg/L ± 2,68 %	71,18mg/L ± 1,34%			
	Cobre	(0,483-2,991) mg/L	k=2	0,483mg/L ± 16,417 %	0,714mg/L ± 10,212 %	0,954mg/L ± 8,069 %	1,489mg/L ± 5,619 %	2,991mg/L ± 4,194 %		
	Turbidez	(0,96-989,33) NTU	k=2	0,96 NTU ± 14,64 %	30,94 NTU ± 6,36 %	120,00 NTU ± 3,64 %	307,95 NTU ± 2,74 %	628,35 NTU ± 2,42 %	989,33 NTU ± 1,82 %	
	pH	(5,88-8,96) UpH	k=2	5,88 UpH ± 2,65%	6,96 UpH ± 1,92 %	8,02 UpH ± 0,28%	8,96 UpH ± 0,24 %			
	Fósforo Total	(0,542-4,810) mg/L	k=2	0,542mg/L ± 22,647 %	3,095mg/L ± 7,050%	4,810mg/L ± 5,207 %				
	Hierro	(0,56-9,44) mg/L	k=2	0,56mg/L ± 23,48 %	1,03mg/L ± 14,55 %	2,85mg/L ± 4,72%	6,69mg/L ± 3,68 %	9,44mg/L ± 2,55 %		
	Sólidos totales disueltos	(62,2-1186,7) mg/L	k=2	62,2mg/L ± 24,6 %	197,1mg/L ± 11,7%	513,8mg/L ± 9,9 %	798,7mg/L ± 5,6 %	1186,7mg/L ± 4,5 %		
	DBO5	(4,82-3356,67) mg/L	k=2	4,82mg/L ± 19,60 %	31,37mg/L ± 12,88 %	212,50mg/L ± 10,95 %	534,17mg/L ± 11,55 %	3356,67mg/L ± 2,82 %		
	Manganeso	(0,140-1,017) mg/L	k=2	0,140 mg/L ± 24,994 %	0,519mg/L ± 8,240 %	1,017mg/L ± 4,645 %				
	DQO	(20-133) mg/L	k=2	20 mg/L ± 28%	41mg/L ± 11%	72mg/L ± 5%	101mg/L ± 5%	133mg/L ± 6%		
	Zinc	(0,114-7,767) mg/L	k=2	0,114mg/L ± 28,904%	0,377mg/L ± 13,099%	0,887mg/L ± 4,231%	2,701mg/L ± 5,738%	7,767mg/L ± 4,194%		
	Oxígeno Disuelto	(1,30-8,29) mg/L	k=2	1,30mg/L ± 8,79%	5,12mg/L ± 10,15%	8,29mg/L ± 4,56%				
	Fosfatos	(0,996-9,707) mg/L	k=2	0,996mg/L ± 25,775%	2,210mg/L ± 14,024%	4,102mg/L ± 6,558%	9,707mg/L ± 4,752%			
	Sulfatos con reactivo HACH	(6,00-620,00) mg/L	k=2	5,32mg/L ± 25,91%	15,45mg/L ± 9,53%	24,82mg/L ± 12,89%	620,56mg/L ± 1,59%			

Elaborado: Jeaneth Cartagena

Fuente: Laboratorio Nacional de Calidad de Agua y Sedimentos INAMHI

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

ANEXO C

Datos de parámetros físico-químicos y microbiológicos e incertidumbres

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	Temperatura	pH	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato	Turbidez	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato	Oxígeno Disuelto	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato
					±%	mg/L			±%	mg/L			±%	mg/L	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/06/2019 13:30	20.8	7.60	0.28	0.02	0.02	NTU	14.6	0.4	0.39	8.45	4.56	0.39	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	20/11/2019 14:50	17.8	7.84	0.28	0.02	0.02	4.42	14.6	0.6	0.37	8.20	4.56	0.37	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/12/2019 13:30	16.6	7.60	0.28	0.02	0.02	2.48	14.6	0.4	0.39	8.45	4.56	0.39	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	23/06/2020 15:15	15.7	7.60	0.28	0.02	0.02	8.72	14.6	1.3	0.38	8.40	4.56	0.38	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	13/10/2020 15:52	17.4	7.95	0.28	0.02	0.02	6.87	14.6	1.0	0.37	8.20	4.56	0.37	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	06/11/2020 13:00	19.1	8.05	0.28	0.02	0.02	6.46	14.6	0.9	0.36	7.85	4.56	0.36	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	19/11/2020 14:50	20.8	8.19	0.28	0.02	0.02	8.80	14.6	1.3	0.36	7.80	4.56	0.36	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/11/2019 11:13	19.2	7.72	0.28	0.02	0.02	11.90	14.6	1.7	0.37	8.10	4.56	0.37	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	08/12/2019 11:50	17.7	7.77	0.28	0.02	0.02	2.22	14.6	0.3	0.38	8.30	4.56	0.38	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/06/2020 10:58	15.4	7.40	0.28	0.02	0.02	35.00	6.36	2.2	0.39	8.55	4.56	0.39	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	13/10/2020 10:40	15.7	6.67	1.92	0.13	0.13	6.53	14.6	1.0	0.39	8.60	4.56	0.39	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	07/11/2020 10:21	18.0	7.14	1.92	0.14	0.14	6.57	14.6	1.0	0.38	8.25	4.56	0.38	
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	20/11/2020 11:10	18.6	7.50	0.28	0.02	0.02	14.90	14.6	2.2	0.38	8.00	4.56	0.38	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	24/06/2019 00:00	18.3	7.49	0.28	0.02	0.02	12.9	14.6	1.9	0.34	7.52	4.56	0.34	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2019 13:00	18.9	7.83	0.28	0.02	0.02	5.80	14.6	0.8	0.35	7.60	4.56	0.35	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	05/12/2019 12:00	17.7	7.89	0.28	0.02	0.02	3.77	14.6	0.6	0.34	7.50	4.56	0.34	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	25/06/2020 13:40	16.1	8.09	0.28	0.02	0.02	4.50	14.6	0.7	0.36	8.00	4.56	0.36	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	14/10/2020 10:10	17.7	8.11	0.28	0.02	0.02	15.50	6.36	1.0	0.36	8.00	4.56	0.36	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	08/11/2020 10:20	16.8	8.12	0.28	0.02	0.02	1.78	14.6	0.3	0.37	8.15	4.56	0.37	
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2020 12:00	18.1	7.20	1.92	0.14	0.14	1.96	14.6	0.3	0.38	8.25	4.56	0.38	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	16/06/2019 00:00	13.7	7.43	1.92	0.14	0.14	13.7	14.6	2.0	0.38	8.37	4.56	0.38	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2019 14:40	20.1	7.79	0.28	0.02	0.02	2.96	14.6	0.4	0.35	7.70	4.56	0.35	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	10/12/2019 12:00	17.5	8.00	0.28	0.02	0.02	2.64	14.6	0.4	0.37	8.05	4.56	0.37	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	15/10/2020 10:40	16.9	7.37	0.28	0.02	0.02	1.44	14.6	0.2	0.38	8.25	4.56	0.38	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	09/11/2020 10:30	20.1	7.39	0.28	0.02	0.02	3.09	14.6	0.5	0.36	8.00	4.56	0.36	
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2020 10:45	18.1	7.10	1.92	0.14	0.14	17.20	6.36	1.1	0.38	8.25	4.56	0.38	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	20/06/2019 13:00	20.4	8.00	0.28	0.02	0.02	6.67	14.6	1.0	0.32	7.07	4.56	0.32	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2019 11:15	19.8	7.79	0.28	0.02	0.02	9.29	14.6	1.4	0.37	8.20	4.56	0.37	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	11/12/2019 10:30	16.8	7.95	0.28	0.02	0.02	2.12	14.6	0.3	0.37	8.15	4.56	0.37	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	26/06/2020 10:30	14.9	8.15	0.28	0.02	0.02	7.06	14.6	1.0	0.39	8.50	4.56	0.39	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	16/10/2020 9:20	16.2	7.10	1.92	0.14	0.14	4.68	14.6	0.7	0.38	8.40	4.56	0.38	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	10/11/2020 9:38	16.1	7.35	1.92	0.14	0.14	3.65	14.6	0.5	0.38	8.40	4.56	0.38	
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2020 11:00	16.1	7.28	1.92	0.14	0.14	14.50	14.6	2.1	0.37	8.05	4.56	0.37	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/06/2019 15:20	20.0	7.50	0.28	0.02	0.02	26.2	14.6	3.8	0.35	7.65	4.56	0.35	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	25/11/2019 11:15	21.5	7.57	0.28	0.02	0.02	16.20	14.6	2.4	0.37	8.20	4.56	0.37	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	12/12/2019 11:30	24.2	7.85	0.28	0.02	0.02	4.53	14.6	0.7	0.37	8.05	4.56	0.37	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	27/06/2020 11:00	22.0	8.08	0.28	0.02	0.02	179.00	3.64	6.5	0.32	7.10	4.56	0.32	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/10/2020 10:51	24.4	7.59	0.28	0.02	0.02	402.00	2.74	11.0	0.61	6.00	10.15	0.61	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	11/11/2020 10:45	25.8	7.61	0.28	0.02	0.02	196.00	3.64	7.1	0.33	7.30	4.56	0.33	
HI134	COCA EN SAN SEBASTIAN	24/11/2020 10:20	23.7	8.17	0.28	0.02	0.02	182.00	3.64	6.6	0.66	6.50	10.15	0.66	

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	Temperatura	pH	Incertidumbre del nivel	Incertidumbre del dato	Turbidez	Incertidumbre del nivel	Incertidumbre del dato	Oxígeno Disuelto	Incertidumbre del nivel	Incertidumbre del dato
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/06/2019 13:30	20.8	7.60	0.28	0.02	2.5	14.6	0.4	8.45	4.56	0.39
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	20/11/2019 14:50	17.8	7.84	0.28	0.02	4.42	14.6	0.6	8.20	4.56	0.37
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/12/2019 13:30	16.6	7.60	0.28	0.02	2.48	14.6	0.4	8.45	4.56	0.39
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	23/06/2020 15:15	15.7	7.60	0.28	0.02	8.72	14.6	1.3	8.40	4.56	0.38
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	13/10/2020 15:52	17.4	7.85	0.28	0.02	6.87	14.6	1.0	8.20	4.56	0.37
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	06/11/2020 13:00	19.1	8.05	0.28	0.02	6.46	14.6	0.9	7.85	4.56	0.36
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	19/11/2020 14:50	20.8	8.19	0.28	0.02	8.80	14.6	1.3	7.80	4.56	0.36
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/11/2019 11:13	19.2	7.72	0.28	0.02	11.90	14.6	1.7	8.10	4.56	0.37
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	08/12/2019 11:50	17.7	7.77	0.28	0.02	2.22	14.6	0.3	8.30	4.56	0.38
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/06/2020 10:58	15.4	7.40	0.28	0.02	35.00	6.36	2.2	8.55	4.56	0.39
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	13/10/2020 10:40	15.7	6.67	1.92	0.13	6.53	14.6	1.0	8.60	4.56	0.39
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	07/11/2020 10:21	18.0	7.14	1.92	0.14	6.57	14.6	1.0	8.25	4.56	0.38
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	20/11/2020 11:10	18.6	7.50	0.28	0.02	14.90	14.6	2.2	8.00	4.56	0.36
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	24/06/2019 0:00	18.3	7.49	0.28	0.02	12.9	14.6	1.9	7.52	4.56	0.34
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2019 13:00	18.9	7.83	0.28	0.02	5.80	14.6	0.8	7.60	4.56	0.35
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	05/12/2019 12:00	17.7	7.89	0.28	0.02	3.77	14.6	0.6	7.50	4.56	0.34
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	25/06/2020 13:40	16.1	8.09	0.28	0.02	4.50	14.6	0.7	8.00	4.56	0.36
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	14/10/2020 10:10	17.7	8.11	0.28	0.02	15.50	6.36	1.0	8.00	4.56	0.36
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	08/11/2020 10:20	16.8	8.12	0.28	0.02	1.78	14.6	0.3	8.15	4.56	0.37
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2020 12:00	18.1	7.20	1.92	0.14	1.96	14.6	0.3	8.25	4.56	0.38
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	16/06/2019 0:00	13.7	7.43	1.92	0.14	13.7	14.6	2.0	8.37	4.56	0.38
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2019 14:40	20.1	7.79	0.28	0.02	2.96	14.6	0.4	7.70	4.56	0.36
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	10/12/2019 12:00	17.5	8.00	0.28	0.02	2.64	14.6	0.4	8.05	4.56	0.37
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	15/10/2020 10:40	16.9	7.37	0.28	0.02	1.44	14.6	0.2	8.25	4.56	0.38
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	09/11/2020 10:30	20.1	7.39	0.28	0.02	3.09	14.6	0.5	8.00	4.56	0.36
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2020 10:45	18.1	7.10	1.92	0.14	17.20	6.36	1.1	8.25	4.56	0.38
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	20/06/2019 13:00	20.4	8.00	0.28	0.02	6.67	14.6	1.0	7.07	4.56	0.32
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2019 11:15	19.8	7.79	0.28	0.02	9.29	14.6	1.4	8.20	4.56	0.37
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	11/12/2019 10:30	16.8	7.95	0.28	0.02	2.12	14.6	0.3	8.15	4.56	0.37
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	26/06/2020 10:30	14.9	8.15	0.28	0.02	7.06	14.6	1.0	8.50	4.56	0.39
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	16/10/2020 9:20	16.2	7.10	1.92	0.14	4.68	14.6	0.7	8.40	4.56	0.38
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	10/11/2020 9:38	16.1	7.35	1.92	0.14	3.65	14.6	0.5	8.40	4.56	0.38
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2020 11:00	16.1	7.28	1.92	0.14	14.50	14.6	2.1	8.05	4.56	0.37
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	17/06/2019 15:20	20.0	7.50	0.28	0.02	26.2	14.6	3.8	7.65	4.56	0.35
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	25/11/2019 11:15	21.5	7.67	0.28	0.02	16.20	14.6	2.4	8.20	4.56	0.37
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	12/12/2019 11:30	24.2	7.85	0.28	0.02	4.53	14.6	0.7	8.05	4.56	0.37
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	27/06/2020 11:00	22.0	8.08	0.28	0.02	179.00	3.64	6.5	7.10	4.56	0.32
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	17/10/2020 10:51	24.4	7.59	1.10	0.02	402.00	2.74	11.0	6.00	10.15	0.61
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	11/11/2020 10:45	25.8	7.61	0.28	0.02	196.00	3.64	7.1	7.30	4.56	0.33
H1134	COCA ENSAN SEBASTIAN	24/11/2020 10:20	23.7	8.17	0.28	0.02	182.00	3.64	6.6	6.50	10.15	0.66

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

CODIGO	NOMBRE ESTACION	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	Oxigeno Disuelto %	Nitratos mg/L	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato		Sólidos Totales mg/L	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato		DBOs mg/L	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato	
					±%	±%	±%	±%		±%	±%	±%	±%		±%	±%	±%	±%
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	07/06/2019 13:30	102.27	0.45	24.84	0.11	80.0	19.1	15.3	3.90	19.60	19.60	0.76					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	20/11/2019 14:50	99.25	0.36	24.84	0.09	90.0	19.1	17.2	0.54	19.60	19.60	0.11					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	07/12/2019 13:30	102.27	0.26	24.84	0.06	60.0	19.1	11.5	0.40	19.60	19.60	0.08					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	23/06/2020 15:15	101.67	0.12	24.84	0.03	102.0	19.1	19.5	0.65	19.60	19.60	0.13					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	13/10/2020 15:52	99.25	0.51	24.84	0.13	90.0	19.1	17.2	5.52	19.60	19.60	1.08					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	06/11/2020 13:00	95.01	0.43	24.84	0.11	80.0	19.1	15.3	0.75	19.60	19.60	0.15					
H0729	OYACACHA.A.J. QUIJOS	19/11/2020 14:50	94.40	0.00	24.84	0.00	92.0	19.1	17.6	5.22	19.60	19.60	1.02					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/11/2019 11:13	98.04	0.22	24.84	0.05	104.0	19.1	19.9	1.23	19.60	19.60	0.24					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	08/12/2019 11:50	100.46	0.31	24.84	0.08	82.0	19.1	15.7	0.89	19.60	19.60	0.17					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/06/2020 10:58	103.48	0.03	24.84	0.01	80.0	19.1	15.3	2.06	19.60	19.60	0.40					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	13/10/2020 10:40	104.09	0.26	24.84	0.06	82.0	19.1	15.7	2.42	19.60	19.60	0.47					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	07/11/2020 10:21	99.85	0.24	24.84	0.06	98.0	19.1	18.7	1.83	19.60	19.60	0.36					
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	20/11/2020 11:10	96.82	0.17	24.84	0.04	100.0	19.1	19.1	0.47	19.60	19.60	0.09					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	24/06/2019 0:00	91.02	0.04	24.84	0.01	70.0	19.1	13.4	1.00	19.60	19.60	0.20					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2019 13:00	91.98	0.22	24.84	0.05	92.0	19.1	17.6	1.38	19.60	19.60	0.27					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	05/12/2019 12:00	90.77	0.27	24.84	0.07	90.0	19.1	17.2	2.15	19.60	19.60	0.42					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	25/06/2020 13:40	96.88	0.18	24.84	0.04	68.0	19.1	12.6	1.70	19.60	19.60	0.33					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	14/10/2020 10:10	96.88	0.00	24.84	0.00	78.0	19.1	14.9	3.50	19.60	19.60	0.69					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	08/11/2020 10:20	98.64	0.21	24.84	0.05	92.0	19.1	17.6	3.76	19.60	19.60	0.74					
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2020 12:00	99.85	0.00	24.84	0.00	80.0	19.1	15.3	0.29	19.60	19.60	0.06					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	16/06/2019 0:00	101.30	0.04	24.84	0.01	62.0	19.1	11.8	0.76	19.60	19.60	0.15					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2019 14:40	93.19	0.18	24.84	0.04	86.0	19.1	16.4	0.55	19.60	19.60	0.11					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	10/12/2019 12:00	97.43	0.38	24.84	0.09	106.0	19.1	20.2	1.68	19.60	19.60	0.33					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	15/10/2020 10:40	99.85	0.00	24.84	0.00	104.0	19.1	19.9	3.34	19.60	19.60	0.65					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	09/11/2020 10:30	96.85	0.24	24.84	0.06	112.0	19.1	21.4	0.71	19.60	19.60	0.14					
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2020 10:45	99.85	0.00	24.84	0.00	68.0	19.1	13.0	0.32	19.60	19.60	0.06					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	20/06/2019 13:00	80.73	0.03	24.84	0.01	124.0	19.1	23.7	1.77	19.60	19.60	0.35					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2019 11:15	99.25	0.23	24.84	0.06	120.0	19.1	22.9	1.20	19.60	19.60	0.24					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	11/12/2019 10:30	98.64	0.31	24.84	0.08	106.0	19.1	20.2	1.49	19.60	19.60	0.29					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	26/06/2020 10:30	102.88	0.25	24.84	0.06	86.0	19.1	16.4	1.23	19.60	19.60	0.24					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	16/10/2020 9:20	101.67	0.03	24.84	0.01	86.0	19.1	16.4	3.80	19.60	19.60	0.74					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	10/11/2020 9:38	101.67	0.39	24.84	0.10	98.0	19.1	18.7	0.83	19.60	19.60	0.16					
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2020 11:00	97.43	0.00	24.84	0.00	26.0	19.1	5.0	3.60	19.60	19.60	0.71					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/06/2019 15:20	92.59	0.27	24.84	0.07	86.0	19.1	16.4	0.99	19.60	19.60	0.19					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	25/11/2019 11:15	99.25	0.00	24.84	0.00	100.0	19.1	19.1	2.00	19.60	19.60	0.39					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	12/12/2019 11:30	97.43	0.31	24.84	0.08	66.0	19.1	12.6	2.07	19.60	19.60	0.41					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	27/06/2020 11:00	85.93	0.00	24.84	0.00	124.0	19.1	23.7	4.32	19.60	19.60	0.85					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/10/2020 10:51	72.62	0.32	24.84	0.08	116.0	19.1	22.2	11.92	19.60	19.60	2.34					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	11/11/2020 10:45	88.35	0.59	24.84	0.15	122.0	19.1	23.3	4.98	19.60	19.60	0.98					
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	24/11/2020 10:20	78.67	0.58	24.84	0.14	208.0	16.5	34.3	32.83	12.88	12.88	4.23					

DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	Fosfatos		Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato		Sulfatos		Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato		DQO	Incertidumbre del nivel		Incertidumbre del dato	
			mg/L	±%	±%	mg/L	±%	±%	mg/L	±%	±%	mg/L	±%	±%		mg/L	±%	±%	
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/06/2019 13:30	0.502	25.775	0.129	25.91	6.00	1.55	14.00	28.00	28.00	3.92							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	20/11/2019 14:50	2.174	14.024	0.305	25.91	5.81	1.51	3.00	28.00	28.00	0.84							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/12/2019 13:30	2.301	14.024	0.323	25.91	5.98	1.55	1.00	28.00	28.00	0.28							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	23/06/2020 15:15	0.012	25.775	0.003	12.83	4.11	0.53	2.00	28.00	28.00	0.56							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	13/10/2020 15:52	0.088	25.775	0.023	9.53	9.81	0.93	8.00	28.00	28.00	2.24							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	06/11/2020 13:00	0.392	25.775	0.101	25.91	3.94	1.02	14.00	28.00	28.00	3.92							
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	19/11/2020 14:50	0.392	25.775	0.101	25.91	7.21	1.87	9.00	28.00	28.00	2.52							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/11/2019 11:13	1.225	25.775	0.316	9.53	13.18	1.26	4.00	28.00	28.00	1.12							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	08/12/2019 11:50	1.661	25.775	0.428	9.53	12.11	1.15	2.80	28.00	28.00	0.78							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/06/2020 10:58	1.383	25.775	0.356	25.91	0.00	0.00	8.00	28.00	28.00	2.24							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	13/10/2020 10:40	0.161	25.775	0.041	9.53	12.50	1.19	18.00	28.00	28.00	5.04							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	07/11/2020 10:21	0.320	25.775	0.082	9.53	18.46	1.76	8.00	28.00	28.00	2.24							
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	20/11/2020 11:10	0.247	25.775	0.064	9.53	11.58	1.10	1.00	28.00	28.00	0.28							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	24/06/2019 00:00	0.01	25.775	0.003	9.53	12.76	1.22	39.00	11.00	11.00	4.29							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2019 13:00	1.874	25.775	0.483	9.53	10.28	0.98	10.00	28.00	28.00	2.80							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	05/12/2019 12:00	1.094	25.775	0.282	9.53	12.02	1.15	20.00	28.00	28.00	5.60							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	25/06/2020 13:40	0.6	25.775	0.145	25.91	4.44	1.15	7.00	28.00	28.00	1.96							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	14/10/2020 10:10	0.308	25.775	0.079	9.53	9.06	0.66	7.00	28.00	28.00	1.96							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	08/11/2020 10:20	0.392	25.775	0.101	9.53	16.78	1.60	18.00	28.00	28.00	5.04							
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2020 12:00	0.320	25.775	0.082	9.53	9.90	0.94	1.00	28.00	28.00	0.28							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	16/06/2019 00:00	0.64	25.775	0.165	25.91	2.60	0.67	15.00	28.00	28.00	4.20							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2019 14:40	1.802	25.775	0.464	9.53	9.87	0.94	5.88	28.00	28.00	1.65							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	10/12/2019 12:00	1.588	25.775	0.409	9.53	9.62	0.92	18.00	28.00	28.00	5.04							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	15/10/2020 10:40	0.088	25.775	0.023	9.53	9.28	0.88	19.00	28.00	28.00	5.32							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	09/11/2020 10:30	0.321	25.775	0.083	9.53	15.10	1.44	1.00	28.00	28.00	0.28							
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2020 10:45	0.103	25.775	0.027	9.53	9.74	0.93	1.00	28.00	28.00	0.28							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	20/06/2019 13:00	0.373	25.775	0.096	9.53	12.68	1.21	6.00	28.00	28.00	1.68							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2019 11:15	1.441	25.775	0.371	9.53	16.66	1.59	4.80	28.00	28.00	1.34							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	11/12/2019 10:30	1.373	25.775	0.354	9.53	16.57	1.58	5.10	28.00	28.00	1.43							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	26/06/2020 10:30	0.240	25.775	0.082	25.91	8.73	2.26	5.00	28.00	28.00	1.40							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	16/10/2020 9:20	0.161	25.775	0.041	9.53	11.32	1.08	20.00	28.00	28.00	5.60							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	10/11/2020 9:38	0.465	25.775	0.120	12.83	23.61	3.03	5.00	28.00	28.00	1.40							
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2020 11:00	0.392	25.775	0.101	9.53	14.18	1.35	16.00	28.00	28.00	4.48							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/06/2019 15:20	0.88	25.775	0.226	12.83	7.02	0.90	3.00	28.00	28.00	0.84							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	25/11/2019 11:15	1.802	25.775	0.464	12.83	8.71	1.12	39.19	11.00	11.00	4.31							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	12/12/2019 11:30	1.806	25.775	0.465	9.53	11.85	1.13	30.00	11.00	11.00	3.30							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	27/06/2020 11:00	1.645	25.775	0.424	25.91	2.70	0.70	18.00	28.00	28.00	5.04							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/10/2020 10:51	0.673	25.775	0.173	12.83	23.50	3.02	61.00	5.00	5.00	3.05							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	11/11/2020 10:45	0.899	25.775	0.232	12.83	18.91	2.43	12.00	28.00	28.00	3.36							
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	24/11/2020 10:20	0.899	25.775	0.232	12.83	49.76	6.38	72.00	5.00	5.00	3.60							

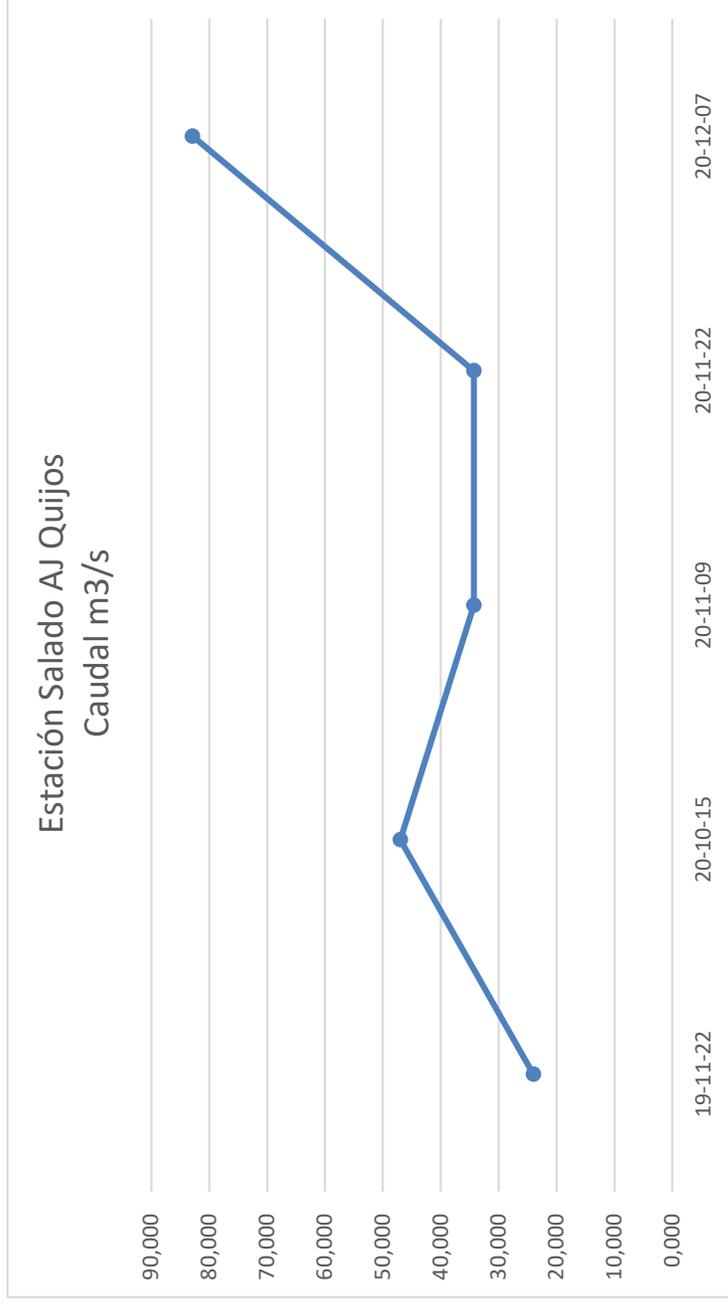
DETERMINACIÓN DE INDICES DE CALIDAD DE AGUA PARA LA CUENCA DEL RIO COCA, UTILIZANDO DATOS 2019-2020, PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LA CUENCA

CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	FECHA DE TOMA DE MUESTRA	Hierro mg/L	Incertidumbre del nivel ±%	Incertidumbre del dato ±%	Manganeso mg/L	Incertidumbre del nivel ±%	Incertidumbre del dato ±%	Zinc mg/L	Incertidumbre del nivel ±%	Incertidumbre del dato ±%	Coliformes	
												fecales NMP/100 ml	totales NMP/100 ml
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/06/2019 13:30	0.40	23,48	0.09	0.03	24,99	0.01	0.06	28,90	0.02	5,40E+03	1,00E+04
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	20/11/2019 14:50	0.62	23,48	0.15	0.03	24,99	0.01	0.08	28,90	0.02	4,00E+01	9,20E+03
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	07/12/2019 13:30	0.38	23,48	0.09	0.08	24,99	0.02	0.03	28,90	0.01	4,90E+02	1,10E+03
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	23/06/2020 15:15	0.82	14,55	0.12	0.11	24,99	0.03	0.07	28,90	0.02	1,70E+01	2,60E+01
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	13/10/2020 15:52	0.28	23,48	0.07	0.00	24,99	0.00	0.09	28,90	0.03	1,40E+01	4,90E+01
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	06/11/2020 13:00	1.78	14,55	0.26	0.08	24,99	0.02	0.08	28,90	0.02	4,90E+01	7,90E+01
H0729	OYACACHI A.J. QUIJOS	19/11/2020 14:50	0.30	23,48	0.07	0.02	24,99	0.00	0.14	28,90	0.04	7,90E+01	2,20E+02
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/11/2019 11:13	0.82	23,48	0.19	0.10	24,99	0.02	0.10	28,90	0.03	1,30E+03	1,60E+04
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	08/12/2019 11:50	0.55	23,48	0.13	0.03	24,99	0.01	0.06	28,90	0.02	1,40E+03	3,50E+03
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	24/06/2020 10:58	2.92	4,72	0.14	0.13	24,99	0.02	0.08	28,90	0.02	4,70E+03	3,30E+03
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	13/10/2020 10:40	0.73	23,48	0.17	0.07	24,99	0.03	0.16	28,90	0.05	4,90E+04	4,90E+04
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	07/11/2020 10:21	0.68	23,48	0.16	0.03	24,99	0.01	0.14	28,90	0.04	3,30E+04	4,90E+04
H0715	QUIJOS A.J. BOMBON	20/11/2020 11:10	4.84	3,68	0.18	0.28	24,99	0.07	0.13	28,90	0.04	4,90E+04	4,90E+04
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	24/06/2019 0:00	0.28	23,48	0.07	0.05	24,99	0.01	0.07	28,90	0.02	7,00E+00	1,10E+04
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2019 13:00	0.44	23,48	0.10	0.09	24,99	0.02	0.27	28,90	0.08	4,50E+01	5,40E+03
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	05/12/2019 12:00	0.74	23,48	0.17	0.07	24,99	0.02	0.06	28,90	0.02	7,90E+02	5,40E+03
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	25/06/2020 13:40	0.48	23,48	0.11	0.05	24,99	0.01	0.05	28,90	0.02	1,40E+02	4,90E+02
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	14/10/2020 10:10	1.22	14,55	0.18	0.20	24,99	0.05	0.13	28,90	0.04	7,00E+01	1,10E+02
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	08/11/2020 10:20	0.39	23,48	0.09	0.04	24,99	0.01	0.05	28,90	0.01	3,30E+01	1,40E+02
H0731	COSANGA A.J. QUIJOS	21/11/2020 12:00	2.89	4,72	0.14	0.15	24,99	0.04	0.12	28,90	0.03	9,40E+01	1,40E+02
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	16/06/2019 0:00	0.62	23,48	0.15	0.15	24,99	0.04	0.05	28,90	0.01	1,10E+04	1,70E+04
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2019 14:40	0.20	23,48	0.05	0.03	24,99	0.01	0.07	28,90	0.02	4,50E+00	9,20E+02
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	10/12/2019 12:00	0.10	23,48	0.02	0.02	24,99	0.00	0.08	28,90	0.02	1,40E+02	1,40E+02
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	15/10/2020 10:40	0.20	23,48	0.05	0.01	24,99	0.00	0.11	28,90	0.03	7,00E+04	1,10E+05
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	09/11/2020 10:30	0.33	23,48	0.08	0.00	24,99	0.00	0.10	28,90	0.03	3,30E+01	7,00E+01
H0728	SALADO A.J. QUIJOS	22/11/2020 10:45	0.53	23,48	0.12	0.00	24,99	0.00	0.09	28,90	0.03	7,00E+01	1,10E+02
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	20/06/2019 13:00	0.03	23,48	0.01	0.04	24,99	0.01	0.08	28,90	0.02	1,30E+03	3,70E+03
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2019 11:15	0.52	23,48	0.12	0.08	24,99	0.02	0.33	28,90	0.10	4,60E+02	1,60E+04
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	11/12/2019 10:30	0.45	23,48	0.11	0.07	24,99	0.02	0.06	28,90	0.02	4,90E+03	1,70E+04
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	26/06/2020 10:30	0.44	23,48	0.10	0.05	24,99	0.01	0.05	28,90	0.01	6,80E+03	1,70E+04
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	16/10/2020 9:20	1.63	23,48	0.38	0.10	24,99	0.02	0.12	28,90	0.03	1,70E+03	1,10E+04
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	10/11/2020 9:38	0.35	23,48	0.08	0.14	24,99	0.03	0.02	28,90	0.01	2,30E+03	7,00E+03
H0719	QUIJOS D.J. OYACACHI	23/11/2020 11:00	2.86	4,72	0.13	0.06	24,99	0.01	0.13	28,90	0.04	7,00E+03	7,00E+03
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/06/2019 15:20	0.87	23,48	0.20	0.03	24,99	0.01	0.04	28,90	0.01	1,30E+02	2,30E+03
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	25/11/2019 11:15	1.00	14,55	0.15	0.01	24,99	0.00	0.04	28,90	0.01	7,90E+02	5,40E+03
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	12/12/2019 11:30	0.42	23,48	0.10	0.02	24,99	0.00	0.06	28,90	0.02	4,90E+02	9,20E+03
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	27/06/2020 11:00	0.90	14,55	0.13	0.39	24,99	0.10	0.06	28,90	0.02	1,10E+02	1,40E+03
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	17/10/2020 10:51	1.07	14,55	0.16	0.90	4,65	0.04	0.32	13,10	0.04	6,80E+03	3,50E+04
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	11/11/2020 10:45	1.06	14,55	0.15	0.28	24,99	0.07	0.14	28,90	0.04	4,60E+03	7,00E+02
H1134	COCA EN SAN SEBASTIAN	24/11/2020 10:20	1.40	14,55	0.20	0.98	4,65	0.05	0.42	13,10	0.06	1,70E+04	3,50E+04

Elaborado: Jeaneth Cartagena, Fuente: Inamhi2021

ANEXO D

CAUDALES ESTACIÓN SALADO AJ QUIJOS



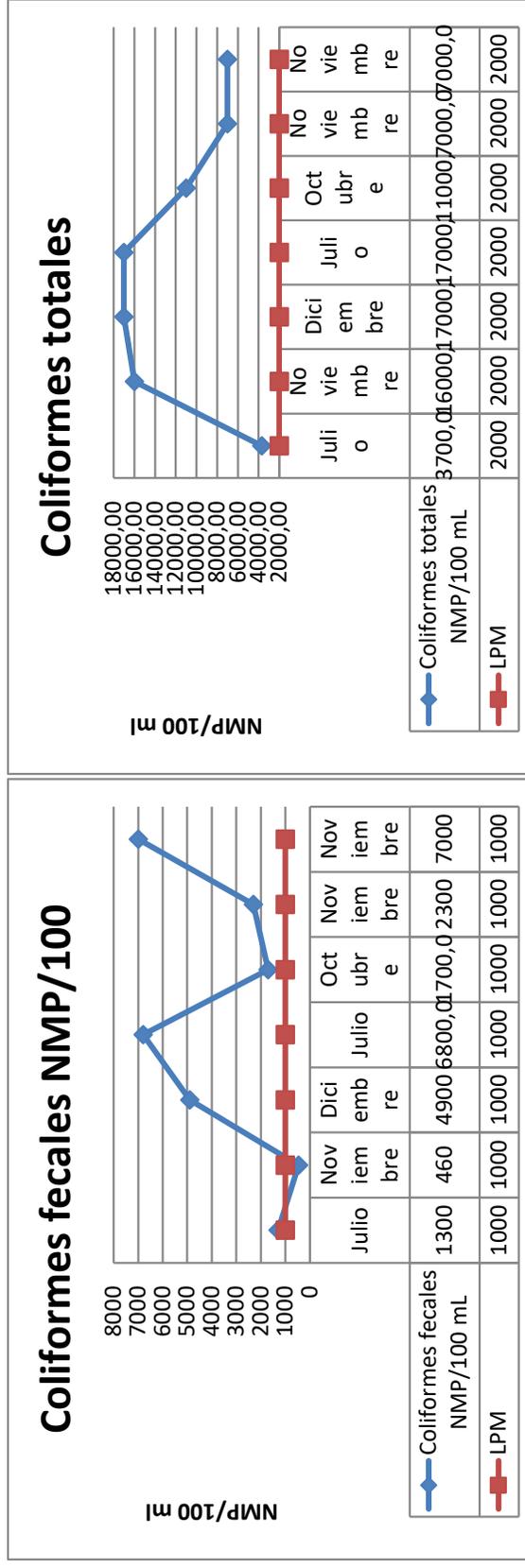
Elaborado: Jeaneth Cartagena

Fuente: INAMHI 2021

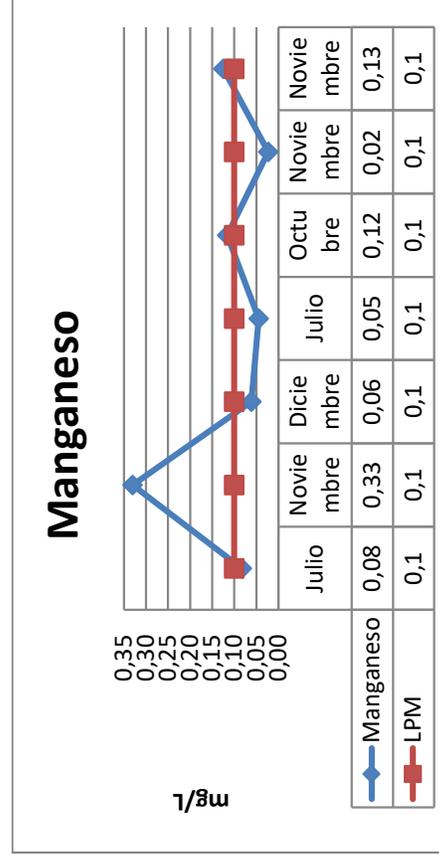
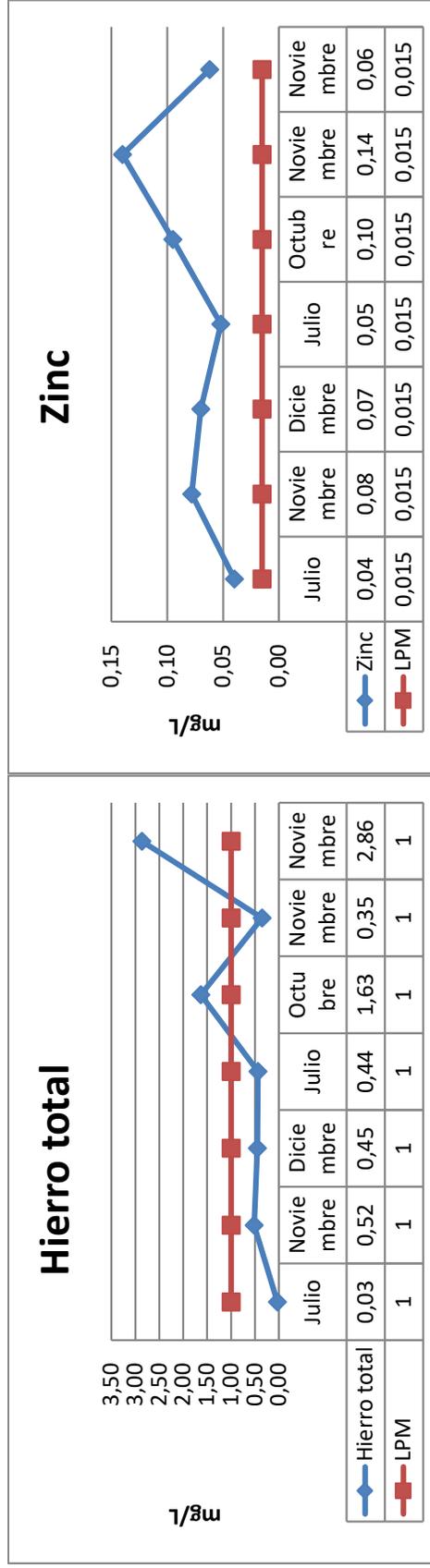
ANEXO E

Estación: H0719 Quijos DJ Oyacachi

Parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles



Elaborado: Jeaneth Cartagena



Elaborado: Jeaneth Cartagena