



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Determination of the water quality index (NSF) of the Copueno river located in Cantón Morona

Determinação do índice de qualidade da água (NSF) do rio Copueno localizado em Cantón Morona

Patricio Vladimir Méndez-Zambrano^I
patricio.mendez@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-4305-8152>

Jessica Paola Arcos-Logroño^{II}
paola.arcos@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9462-2219>

Ximena Rashell Cazorla-Vinueza^{III}
ximena.cazorla@epoch.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1157-8900>

***Recibido:** 20 de abril de 2020 ***Aceptado:** 29 de mayo de 2020 *** Publicado:** 25 de junio de 2020

- I. Máster en Gestión Ambiental, Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Ciencias Agroambientales y Agroalimentarias, Ingeniera en Biotecnología Ambiental, Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador.
- III. Ingeniera Ambiental, Técnica Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador.

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Resumen

El índice de calidad del agua resume y simplifica, en un único valor numérico, el cúmulo de información disponible sobre la calidad del agua. Este estudio determina el índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en cantón Morona provincia de Morona Santiago. Se realizó el monitoreo de agua en tres diferentes estaciones de la micro-cuenca del río Copueno, en los meses de octubre, noviembre, diciembre de 2019 y enero del 2020, para medir parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y además realizar la identificación cualitativa y cuantitativa por medio del software IQA Data, el cual nos permitió identificar los parámetros que están influyendo directamente en la calidad del agua. Se determinó que el promedio de los índices de calidad para cada estación de muestreo presenta una clasificación diferente, siendo así en la estación 1 registra un valor de 71,68 dando así una clasificación de buena; Para la estación 2 proporcionó un resultado de 59,99 teniendo una clasificación de regular y la estación 3 proveyó un resultado de 41,02 con una clasificación de mala. La calidad del agua del río Copueno se ve afectada principalmente por las descargas de las aguas residuales en diferentes zonas, lo que en realidad hace ver la ineficiencia en la aplicación de políticas públicas dirigidas a su regulación.

Palabras claves: Copueno; Morona; NSF; calidad del agua.

Abstract

The water quality index summarizes and simplifies, in a single numerical value, the wealth of information available on water quality. This study determines the water quality index (NSF) of the Copueno river located in Morona canton, Morona Santiago province. Water monitoring was carried out in three different stations of the Copueno river micro-basin, in the months of October, November, December 2019 and January 2020, to measure physical, chemical and microbiological parameters, and also perform qualitative identification and quantitative through the IQA Data software, which allowed us to identify the parameters that are directly influencing water quality. It was determined that the average of the quality indices for each sampling station presents a different classification, being thus in station 1 it registers a value of 71.68, thus giving a good classification; For station 2 it provided a result of 59.99 with a fair rating and station 3 provided a result of 41.02 with a poor rating. The water quality of the Copueno River is mainly affected by the discharge of

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

wastewater in different areas, which actually shows the inefficiency in the application of public policies aimed at its regulation.

Keywords: Copueno; Morona; NSF; water quality.

Resumo

O índice de qualidade da água resume e simplifica, em um único valor numérico, a riqueza de informações disponíveis sobre a qualidade da água. Este estudo determina o índice de qualidade da água (NSF) do rio Copueno, localizado no cantão de Morona, província de Morona Santiago. O monitoramento da água foi realizado em três diferentes estações da microbacia do rio Copueno, nos meses de outubro, novembro, dezembro de 2019 e janeiro de 2020, para medir parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, além de realizar identificação qualitativa e quantitativa através do software IQA Data, que nos permitiu identificar os parâmetros que influenciam diretamente a qualidade da água. Determinou-se que a média dos índices de qualidade para cada estação de amostragem apresenta uma classificação diferente, sendo assim, na estação 1, registra um valor de 71,68, dando assim uma boa classificação; Para a estação 2, forneceu um resultado de 59,99 com uma classificação razoável e a estação 3 forneceu um resultado de 41,02 com uma classificação ruim. A qualidade da água do rio Copueno é afetada principalmente pela descarga de águas residuais em diferentes áreas, o que mostra de fato a ineficiência na aplicação de políticas públicas voltadas à sua regulamentação.

Palavras-chave: Copueno; Morona; NSF; qualidade da água.

Introducción

La contaminación de origen natural y antrópico de las fuentes de agua limitan su aprovechamiento principalmente para el consumo humano (Torres *et al.*, 2010). La cuantificación de la calidad del agua es un desafío científico y su solución debe ser una importante etapa en el desarrollo de antecedentes científicos de gestión de recursos hídricos (Parparov *et al.*, 2006)

La mayoría de los ríos que cruzan por los principales centros poblados reciben descargas de aguas residuales municipales, descargas industriales y diversos tipos de contaminación de fuentes no puntuales (Torres *et al.*, 2013). Las aguas superficiales están sometidas a contaminación natural (arrastre de material particulado y disuelto, además de la presencia de materia orgánica natural) y

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

de origen antrópico (descargas de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, efluentes de procesos industriales, entre otros) (Quiñones *et al.*, 2020).

La dispersión de la contaminación va más allá de los límites administrativos, por ejemplo, los municipales. Es por esto que la calidad del agua en una cuenca es un buen indicador del impacto de las actividades humanas en un determinado territorio (Torres *et al.*, 2013)

La evaluación de la calidad del agua cruda debe considerar indicadores representativos que garanticen un análisis integral del recurso hídrico, permitiendo tomar acciones para su manejo y control mediante los diferentes procesos de potabilización del agua; una de las herramientas más empleadas son los índices de calidad del agua (ICA), cuyo uso es cada vez más popular para identificar las tendencias integradas a cambios en la calidad de ella, especificar condiciones ambientales (Torres, Cruz and Patiño, 2009)

Los ICA resumen y simplifican, en un único valor numérico, el cúmulo de información disponible sobre la calidad del agua. Estos índices facilitan el manejo de datos, evitan que las fluctuaciones en las mediciones invisibilicen las tendencias ambientales y permiten comunicar, en forma simple y veraz, la condición del agua (Pérez and Rodríguez, 2008)

La aplicación de índices de calidad del agua (ICA), es una metodología que aporta información reproducible sobre los atributos del agua y, una alternativa para dictaminar un cuerpo de agua sin recurrir a recopilaciones estadísticas de las tendencias, variable por variable y sitio por sitio (Pérez and Rodríguez, 2008)

Entre los ICA más empleados se destaca el propuesto por (Brown *et al.*, 1970) que es una versión modificada del Water Quality Index (WQI), desarrollada por la de la National Sanitation Foundation (ICA– NSF).

Los recursos hídricos son un componente clave para apoyar y fortalecer el desarrollo sostenible en el hemisferio americano y en el mundo. En un principio, los conceptos de manejo se centraban más en el balance hídrico de las diferentes cuencas, pero hoy día la disponibilidad está claramente influenciada por los impactos antropogénicos que afectan la calidad del agua y, a su vez, la disponibilidad del recurso para diferentes usos, lo que conduce a problemas de seguridad hídrica para la población humana y para los ecosistemas (IANAS, 2019).

En síntesis, el manejo de cuencas puede entenderse como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones y medidas dirigidas al control de las externalidades

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

negativas, lo cual puede obtenerse mediante el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales con fines productivos, la conservación de los ecosistemas y el control y prevención de los procesos de degradación ambiental en el contexto de una cuenca hidrográfica, como unidad territorial (Colter, 2007)

Metodología

Área de estudios

El estudio se llevó a cabo en el río Copueno en tres estaciones de muestreo diferentes las cuales sus coordenadas geográficas WGS84 se describen en la tabla 1, se han seleccionado estas tres estaciones de muestreo debido a sus características.

Tabla 1 Localización de las estaciones de muestreo

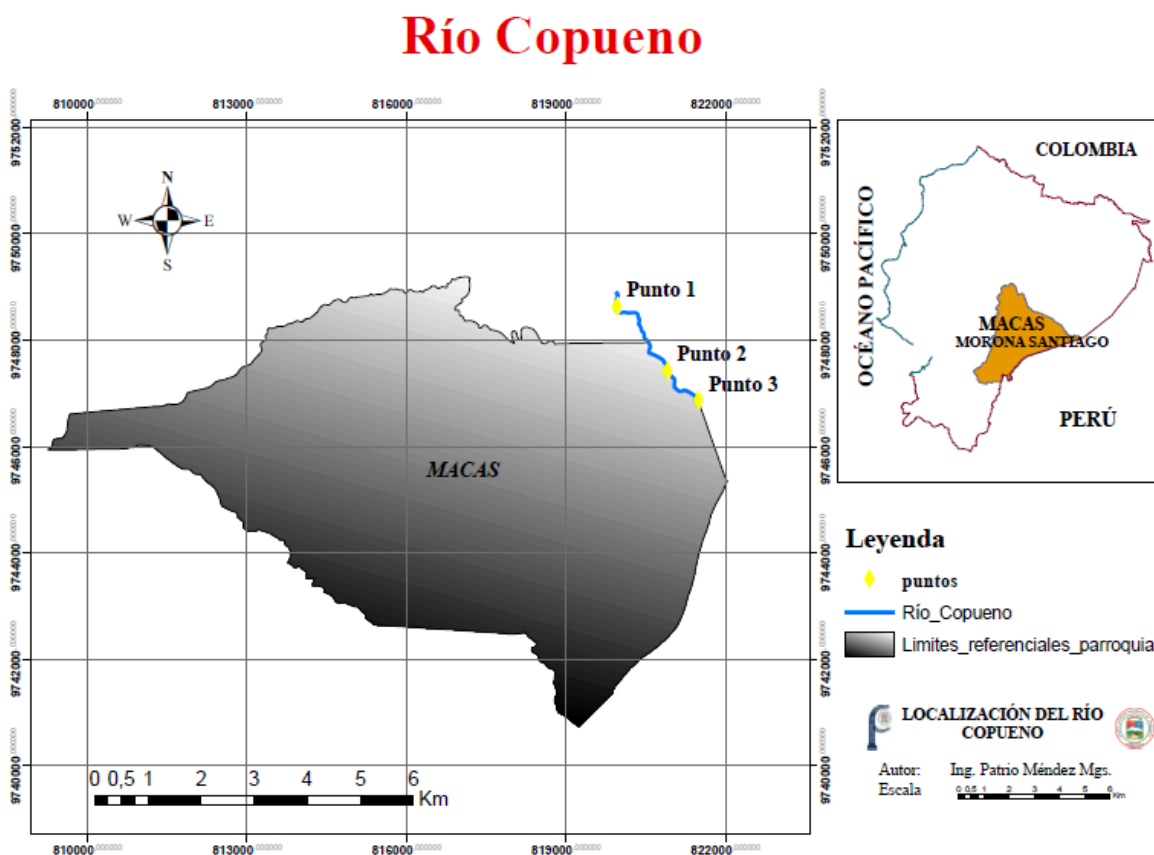
ESTACIÓN	X	Y	MSNM
1	819965,974	9748637,061	1020
2	820914,863	9747424,197	997
3	821502,9	9746861,95	895

Fuente: Autores

Tal como muestra el gráfico de localización del estudio, el punto 1 se encuentra fuera del área poblada de la ciudad de Macas, en este punto no se observan interacciones antropogénicas con el recurso hídrico. En la estación 2 que se encuentra aproximadamente a tres dos kilómetros de la estación 1 ya existen interacciones antropogénicas, se pueden observar descargas de efluentes directas hacia la fuente hídrica y la estación 3 se seleccionó debido a que 100 metros después del lugar de monitoreo el Río Copueno se une a la Sub-cuenca del Río Upano.

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Figura: 1 Mapa de localización de las estaciones de muestreo



Fuente: Autores

Experimentación

El índice de calidad de agua propuesto por la (NSF, 2020) se fundamenta en un procedimiento que tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables, y se determina a través de la ecuación (1).

$$ICA = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i * W_i$$

Donde:

- w_i : representa el factor de importancia o ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice
- Q_i : corresponde con el factor de escala de la variable, depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

- i: representa la variable o parámetro considerado

Los parámetros que analizamos para la determinación del índice de calidad del agua con el método de análisis (Standar, 2018) y cada uno de sus pesos según NSF se indican en la tabla 2

Tabla 2 Parámetros a analizar (NSF) en el estudio.

Parámetro	Método	Peso NSF
Oxígeno disuelto	Electroquímico	0,17
Coliformes fecales	9222 B-D – SM	0,15
pH	Potenciométrico - pH	0,12
DBO5	5210 B – SM	0,1
Nitratos	4500-NO3-E – SM	0,1
Fosfatos	4500-P D – SM	0,1
Temperatura	Potenciométrico	0,1
Turbidez	Turbidimétrico	0,08
Solidos disueltos totales	2540 B-D – SM	0,08

Fuente: autores

La determinación del índice de calidad del agua se realizó por medio del software IQA Data, el cual nos permitió identificar los parámetros que están influyendo directamente en la calidad del agua (Da Costa, Posselt and Lobo, 2015)

Para el análisis de los resultados debemos tomar en cuenta la escala de clasificación del índice de calidad del agua que ICA_NSF postulada por (Brown *et al.*, 1970).

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Tabla 3 Clasificación del ICA propuesto por BROWN

Descripción	Rango
Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Regular	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy Mala	0 – 25

Fuente: autores

Resultados

Se puede determinar que los valores del pH son neutros con valores elevados especialmente en la estación 3, donde el mes de noviembre fue el resultado más elevado con un valor de 8,24, Los sólidos se han incrementado de acuerdo a cada estación de monitoreo empezando el mes de octubre en la estación 1 con 97mg/L y en la estación 3 en el mes de noviembre el cual registra el valor más alto de este parámetro con un valor de 1492mg/L. El oxígeno disuelto uno de los parámetros más importantes de acuerdo al ICA NSF ha tenido variaciones importantes en la estación 3 con el valor más bajo el cual corresponde a 3,97 en el mes de diciembre. La turbiedad al igual que los sólidos se ha registrado un aumento importante en su concentración en la estación de monitoreo 3 alcanzando el valor máximo en el mes de noviembre con 91 unidades nefelométricas de turbidez, tal como se demuestra en la tabla 4.

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Tabla 4 Resultados de los parámetros físicoquímicos evaluados

Estaciones de muestreo	MESES	Ph	T (°C)	OD (mg/l)	N (mg/l)	P (mg/l)	Td (UNT)	DBO (mg/l)	STD (mg/l)	CF (UFC/100ml)
Estación 1	Octubre	6,68	18,3	6,42	0,03	0,2	0,9	6,37	97	120
	Noviembre	6,86	17,4	7,09	0,07	0,2	0,7	8,02	92	137
	Diciembre	7,33	19,3	8,3	0,13	0,12	0,5	7,71	106	98
	Enero	6,98	16,8	8,7	0,01	0,1	0,3	8,09	104	237
Estación 2	Octubre	7,38	18,01	6,12	0,09	0,21	1,2	5,45	120	987
	Noviembre	7,65	18,65	6,78	0,16	0,37	1,3	5,98	165	978
	Diciembre	6,98	17,31	6,14	0,17	0,67	0,9	6,31	176	1086
	Enero	6,37	15,67	6,01	0,19	0,57	0,8	5,28	289	1012
Estación 3	Octubre	6,4	19,15	4,67	1,12	1,17	0,5	4,97	1230	2531
	Noviembre	8,24	18,23	3,98	1,01	1,08	91	5,2	1492	1900
	Diciembre	8,1	19,01	3,97	1,32	0,99	79	5,8	1213	1876
	Enero	6,4	19,12	4,97	0,97	1,32	87	4,97	1156	1345

Fuente: autores

Se puede observar en la tabla 5 que el promedio de los índices de calidad para cada estación de muestreo presenta una clasificación diferente. En la estación 1 los resultados de los monitoreos dieron la clasificación para la calidad del agua buena con excepción del mes de octubre la cual tuvo un valor de 68,67 con calificación regular. El promedio de los cuatro monitoreos registra un valor de 71,68 dando así una clasificación de buena para la estación 1.

Para la estación de monitoreo 2 los resultados según la clasificación fueron de regular, tomando en cuenta que en el mes de diciembre se registró el valor más bajo de este índice dando como resultado 53,44. El promedio de los cuatro meses de monitoreo dieron como resultado un valor de 59,99 teniendo una clasificación de regular.

En la estación de monitoreo 3 los resultados según la clasificación fueron de mala, al igual que la estación dos en el mes de diciembre se registra el dato más bajo de los índices con un valor de 39,33. El promedio de los datos recolectados da como resultado un valor de 41,02 con una clasificación de mala.

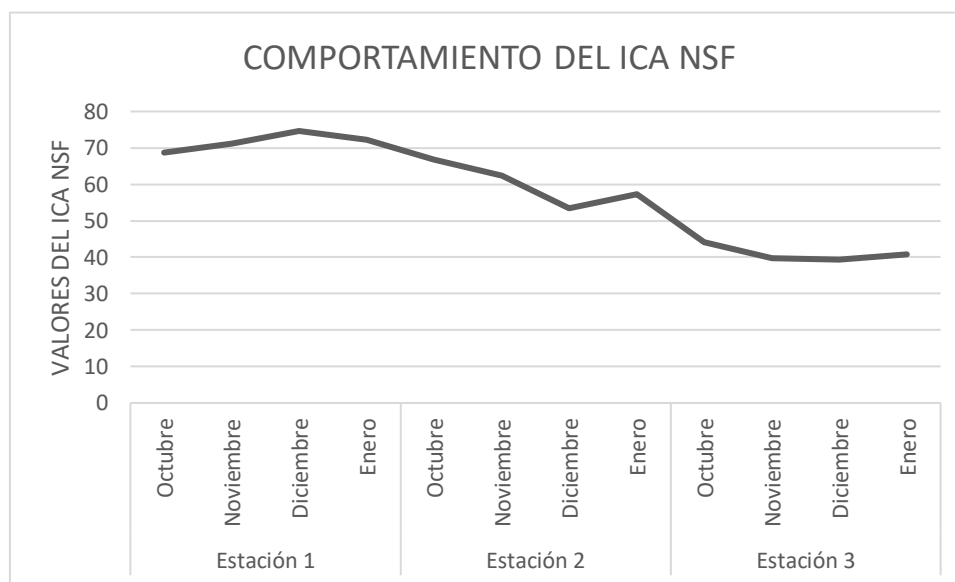
Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Tabla 5 Resultados del índice de calidad del agua NSF

Estaciones de muestreo	MESES	ICA NSF	Clasificación NSF	ICA NSF promedio	Clasificación NSF promedio
Estación 1	Octubre	68,67	Regular	71,68	Buena
	Noviembre	71,16	Buena		
	Diciembre	74,64	Buena		
	Enero	72,25	Buena		
Estación 2	Octubre	66,8	Regular	59,99	Regular
	Noviembre	62,41	Regular		
	Diciembre	53,44	Regular		
	Enero	57,33	Regular		
Estación 3	Octubre	44,19	Mala	41,02	Mala
	Noviembre	39,8	Mala		
	Diciembre	39,33	Mala		
	Enero	40,77	Mala		

Fuente: Autores

Figura 2 Comportamiento del índice de calidad del agua en cada estación de muestreo



Fuente: Autores

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

Conclusiones

El índice de calidad del agua (ICA-NSF) estimó situaciones perjudiciales para la composición del río Copueno principalmente por las descargas de las aguas residuales en diferentes zonas, lo que demuestra que se necesita una mayor gestión de los servicios municipales además de aplicación correcta de políticas públicas dirigidas a su regulación. En este sentido para la determinación del índice estos valores no se encontraron dentro de las normativas vigentes.

Según (Caho and López, 2017) Los puntos con influencia de vertimientos domésticos e industriales tuvieron un menor promedio en los niveles de oxígeno, por debajo del objetivo de calidad para la cuenca, 2 mg/L. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación en la estación de monitoreo 3 tenemos valores de oxígeno disuelto menores a 5ppm lo que representa una condición de hipoxia en la cual existen la desaparición de organismos y especies sensibles, esto debido a que, en este punto ya existe la interacción antrópica con descargas principalmente de aguas residuales. De acuerdo a (Kraemer et al., 2014) Los escenarios de contaminación evaluados muestran importantes diferencias en la cantidad de bacterias coliformes en el agua de esorrentía. El escenario con mayor carga contaminante animal y mayor BactKdQ presentó las concentraciones mayores. Nuestro estudio es pertinente a los resultados de la estimación de escenarios de contaminación por coliformes fecales, debido a que en el transcurso de la fuente hídrica se evidencian fincas con ganado y descargas con aguas residuales, por lo que ya en la estación 2 y 3 se observa mayor concentración de las bacterias coliformes teniendo su pico más alto el mes de octubre en la estación 3 con un valor de 2531 UFC/100ml.

En el análisis del DBO el dato con mayor concentración se presentó en la estación 1 en el mes de enero con un valor de 8,09 ppm es importante destacar que en ninguna de las colectas realizadas la DBO fue mayor a (100 mg /L), lo que permite según (Caho and López, 2017) establecer que la mayor demanda de oxígeno que se presenta en este cuerpo es debida a materia difícilmente biodegradable.

Los sólidos disueltos totales a medida que transcurría el río iban incrementando llegando así a su valor máximo encontrado en el mes de octubre en la estación tres con 2531ppm. Según (Ramírez, Restrepo and Viña, 1997) debido principalmente a las descargas existentes, a los procesos erosivos y a la reducción de los niveles de agua.

Referencias

1. Brown, R. et al. (1970) “‘A water quality index: do we dare?’”, *Water & Sewage Works*, A water quality index—crashing the psychological barrier. In *Indicators of environmental quality*.
2. Caho, C. and López, E. (2017) ‘Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI’, *Producción + Limpia*, 12(2), pp. 35–49. doi: 10.22507/pml.v12n2a3.
3. Colter, H. (2007) *El manejo integral de cuencas en México. Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. 2da edn. México, D.F. Available at: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2008/06/El-Manejo-Integral-de-Cuencas-en-Mexico-segunda-edición.pdf>.
4. Da Costa, A., Posselt, E. and Lobo, E. (2015) *Manual IQA DATA*. Available at: <https://www.unisc.br/sites/nitt/tecnologia/iqa-data-2015/>.
5. IANAS (2019) *Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades*, IANAS La Red Interamericana de Academias de Ciencias.
6. Kraemer, F. B. et al. (2014) ‘Estimación de escenarios de contaminación por coliformes fecales en una micro-cuenca de la Pampa Ondulada de Argentina mediante el empleo de un modelo predictivo’, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 46(2), pp. 83–96.
7. NSF (2020) *La Organización Para La Salud y Seguridad Pública*. Available at: <http://www.nsf.org/es>.
8. Parparov, A. et al. (2006) ‘Water quality quantification: Basics and implementation’, *Hydrobiologia*, 560(1), pp. 227–237. doi: 10.1007/s10750-005-1642-y.
9. Pérez, A. and Rodríguez, A. (2008) ‘Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación’, *Revista de Biología Tropical*, 56(4), pp. 1905–1918. doi: 10.15517/rbt.v56i4.5769.
10. Quiñones, L. et al. (2020) ‘Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua’, *Enfoque UTE*, 11(2), pp. 113–124. doi: 10.29019/enfoque.v11n2.633.
11. Ramírez, A., Restrepo, R. and Viña, G. (1997) ‘Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. formulaciones y aplicación’, *CT y F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 1(3), pp. 135–153.

Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona

12. Standar, M. (2018) SMWW: Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Available at: <https://www.standardmethods.org/> (Accessed: 21 February 2019).
13. Torres, B. et al. (2013) 'Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México', *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(3), pp. 135–146.
14. Torres, P. et al. (2010) 'Applying water quality indexes (WQI) to the use of water sources for human consumption', *Ingenieria e Investigacion*, 30(3), pp. 86–95.
15. Torres, P., Cruz, C. and Patiño, P. (2009) 'Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales Utilizadas En La Producción De Agua Para Consumo Humano. Una Revisión Crítica', *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8150(15). Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf> (Accessed: 12 October 2017).