

Evaluación del Índice de la Calidad de Aguas de los Ríos de la Provincia de “El Oro

Evaluation of the Water Quality Index of the Rivers of the Province of “El Oro

Loiza Machado Robert Alexander¹, Cevallos Cisneros Karelys Michelle¹, Jaramillo Guanolique Ángel Paul¹, Apolo Apolo Amada Esperanza¹, Yaguana Eras Ronald Alexander¹

¹Universidad Técnica de Machala, Ecuador

rloaiza2@utmchala.edu.ec, kcevallos3@utmachala.edu.ec, ajaramillo6@utmachala.edu.ec,
aapolo10@utmachala.edu.ec, jrivas3@utmachala.edu.ec, ryaguana1@utmachala.edu.ec

RESUMEN

En este trabajo de investigación se hace una evaluación de la calidad del agua de 4 cuencas hidrográficas importantes de la Provincia de El Oro mediante la aplicación del ICA (Índice de Calidad de Agua) perteneciente al NSF (National Sanitation Foundation de Estados Unidos) con 19 puntos muestrales los cuales están distribuidos en las unidades hidrográficas de los ríos Arenillas, Jubones, Santa Rosa y Motuche en el mes de enero del 2020. Como parte de una herramienta fundamental en la gestión de cuencas hidrográficas, se obtuvieron los resultados en el rango propuesto por el WQINSF (Water Quality Index desarrollado por National Sanitation Foundation) entre: excelente, buena, regular, mala y muy mala. Con estos resultados, se analizó la viabilidad de la aplicación de una metodología como WQINSF para evaluar la calidad del agua de los ríos altamente intervenidos y conseguir una línea de base detallada de las unidades muestrales seleccionadas.

PALABRAS CLAVES: Calidad del agua, Índices de calidad de agua, Gestión de cuencas Hidrográficas, Monitoreo de agua.

ABSTRACT

In this research work, an evaluation of the water quality of 4 important hydrographic basins of the Province of El Oro is made through the application of the ICA (Water Quality Index) belonging to the NSF (National Sanitation Foundation of the United States) with 19 sample points which are distributed in the hydrographic units of the Arenillas, Jubones, Santa Rosa and Motuche rivers in the month of January 2020. As part of a fundamental tool in the management of hydrographic basins, the results were obtained in the proposed range by the WQINSF (Water Quality Index developed by the National Sanitation Foundation) between: excellent, good, fair, poor and very poor. With these results, the

feasibility of applying a methodology such as WQINSF to evaluate the water quality of highly intervened rivers and obtain a detailed baseline of the selected sample units was analyzed.

KEYWORDS: Water quality, Water quality indices, Hydrographic basin management, Water monitoring.

INTRODUCCIÓN

Desde épocas remotas los ríos han constituido fuente de riqueza, al proporcionar el agua imprescindible para la subsistencia y posterior desarrollo de las poblaciones humanas, propiciando la fertilidad de los suelos para la obtención de alimentos y facilitando la comunicación entre los pueblos. Sin embargo, las aguas de los ríos experimentan un deterioro en su calidad debido principalmente a su uso como receptor de los vertimientos generados en los centros poblados, las zonas industriales, las actividades agropecuarias y escorrentías (Quiroz, Izquierdo, & Menéndez, 2017).

En la mayoría de países en desarrollo, el riesgo microbiológico es bastante marcado principalmente asociado a un inadecuado saneamiento, lo que se ratifica en la Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo que afirma que aproximadamente 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en estos países tienen por causa el consumo de agua contaminada y hasta una décima parte del tiempo productivo de las personas se dedica a enfermedades relacionadas con agua (Torres, Hernan, & Patiño, 2008).

En la Provincia de El Oro, está conformado por 7 cuencas, que actualmente están contaminadas, mayormente por actividades mineras que tienen un mal manejo operativo y por tanto vierten sus desechos o líquidos tóxicos a las aguas superficiales afectando a toda la Cuenca Hidrográfica y de la misma manera, a las personas o agricultores que se abastecen de las aguas superficiales para uso doméstico y riego.

La calidad del agua (ICA), es un término ampliamente usado. Sin embargo, la cuantificación científica resulta importante y esta es una estrategia básica en el desarrollo de las bases científicas para el manejo de los recursos hídricos (Alvarez, y otros, 2006). El término del manejo óptimo de los recursos requiere estándares predefinidos de calidad integral de agua, como componente de los criterios de optimización.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad del agua de las Cuencas Hidrográficas de la Provincia de El Oro, mediante la aplicación del índice propuesto por la National Sanitation

Foundation (NSF), de Estados Unidos, tomando como referencia para el muestreo los distintos puntos a lo largo de su cauce.

DESARROLLO

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la provincia de El Oro al suroeste de la República del Ecuador, entre las coordenadas geográficas: 3°02' y 3°53' de Latitud Norte y 80°20' y 79°21' de Latitud Oeste; Latitud 9°570.500N 9°661.000S y Longitud 576.000E, 582.000W.

Dentro de la cual se distribuyeron puntos de monitoreo y muestreo en los efluentes: **Río Santa Rosa, Río Palenque, Cuenca Baja y Media del Río Jubones, Río Arenillas y Embalse Tahuín**. A continuación, se presenta el gráfico con el mapa de las cuencas hidrográficas y los puntos de monitoreo para determinar los índices de la calidad del agua.

La Secretaría Nacional del Agua SENAGUA (2011) delimitó y codificó las Unidades Hidrográficas a nivel nacional incluyendo a la provincia de El Oro por lo que el área geográfica de cada cuenca sirve de base para el manejo y la gestión integral de los recursos hídricos.

Según Valdiviezo-Rivera et al., (2018) las U.H. más extensas sobre el territorio administrativo de la provincia de El Oro son: la cuenca del río Puyango (34,8 %), la cuenca del río Santa Rosa (28,7%), la cuenca del río Jubones (22,1%) y en menor área de cobertura, la cuenca del río Siete (14,5%). En la Tabla 4 se detalla el área y la extensión de cada U.H. en términos porcentuales con respecto al total de la Provincia.

Metodología para el monitoreo

La metodología que se describe a continuación fue utilizada para el monitoreo de los Ríos Santa Rosa, Río Palenque, Cuenca Baja y Media del Río Jubones, Río Arenillas y Embalse Tahuín.

Los puntos de muestreo fueron localizados a los siguientes criterios:

- Fuentes de contaminación como: descargas, zonas pobladas.
- Los puntos recomendados por la Dirección Provincial de El Oro.
- Vías de acceso.

Mapa 1: Mapa del Área de estudio

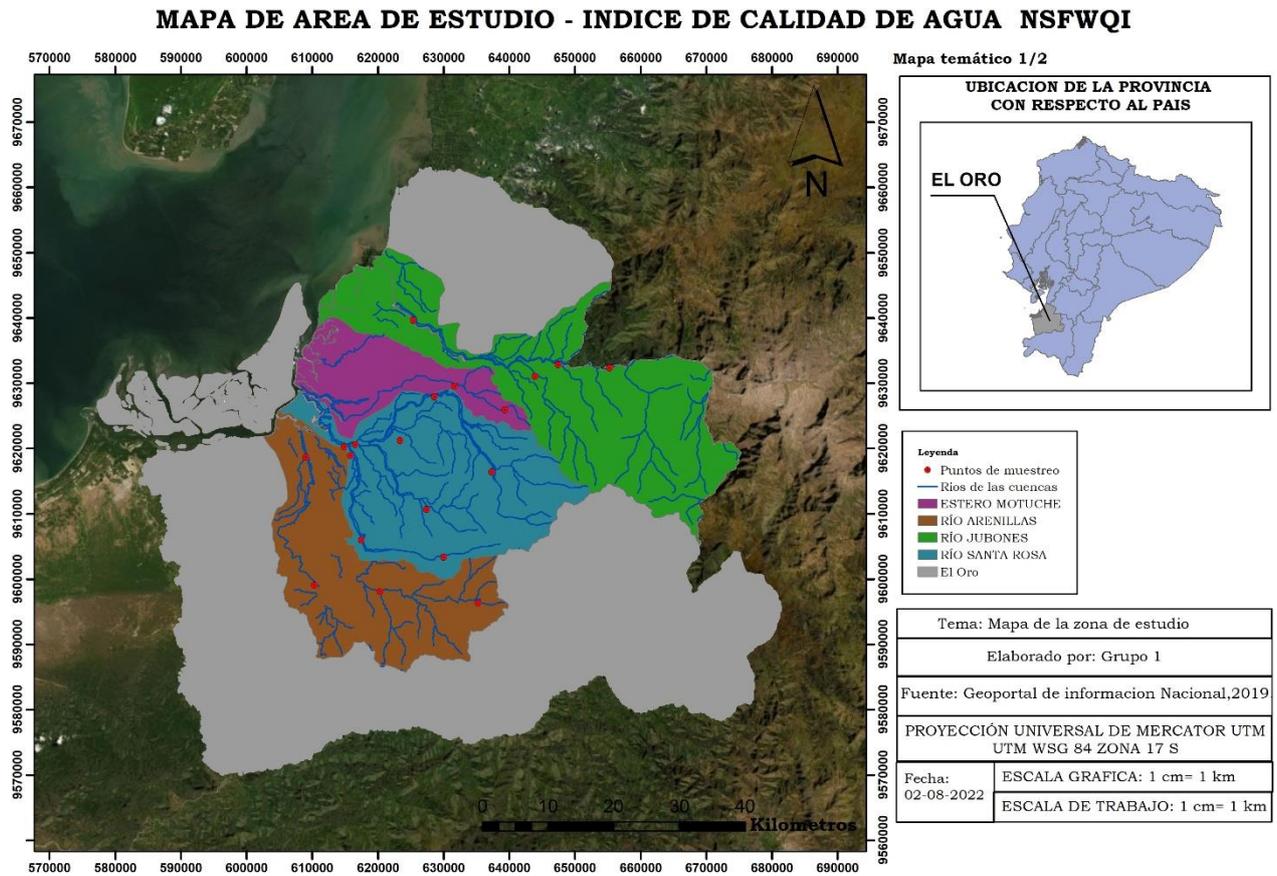


Tabla 1: Puntos de monitoreo y muestreo de agua

PUNTO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	
		COORDENADA X	COORDENADA Y
A-MOR 001	R. Palenque (Arriba Campo Real) DPAEO-RM-01	639324	9625934
A-MOR 002	R. Motuche (Puente La Sabana) DPAEP-RM-02	631686	9629549
A-MOR 003	R. Dumarí (Sitios Las dos Bocas) DPAEO-RSR-RB-01	637356	9616414
A-MOR 004	R. Buena Vista (Parroquia Buena Vista) DPAEO-RSR-RB-02	628580	9627928
A-MOR 005	R. Birón (Sitio Birón) DPAEO-RSR-RC-01	627424	9610654
A-MOR 006	R. Caluguro (El Quemado) DPAEO-RSR-RC-02	616554	9620583
A-MOR 007	R. Santa Rosa (Ciudad Santa Rosa) DPAEO-RSR-03	615813	9618863
A-MOR 008	R. Santa Rosa (Puerto Pital) DPAEO-RSR-04	614899	9620254
A-MOR 009	R. Motuche (Sitio Motuche, Puente) DPAEO-RM-03 A-MOR 010 635240	623403	9621207
A-MOR 010	R. Saracay (Reserva Buena Aventura) DPAEO-RA-01	635240	9596306
A-MOR 011	R. Arenillas (Sitio Piedras) DPAEO-RA-02	620318	9598067
A-MOR 012	R. Santa Rosa (Sitio Zabayan cerca captación Torata) DPAEO-RSR-01	630047	9603350
A-MOR 013	R. Santa Rosa (Junto a el Vado captación Santa Rosa) DPAEO-RSR-02	617464	9605982
A-MOR 014	R. Arenillas (Salida del Embalse) DPAEO-RA-03	610330	9599048
A-MOR 015	R. Arenillas (Puente El Checo) DPAEO-RA-04	609051	9618656
A-MOR 016	R. Jubones (Uzchurumi) DPAEO-RJ-01	655276	9632307
A-MOR 017	R. Quera (Puente Vía Cuenca-Machala) DPAEO-RJ-RQ-01	647444	9632867

A-MOR 018	R. Casacay DPAAEO-RJ-RCS-01	643929	9631014
A-MOR 019	R. Jubones (Puente La Iberia) DPAAEO-RJ-02	625375	9639655

Fuente: Los autores

Tabla 2: Altura de los puntos muestreados

PUNTO	UBICACIÓN	MSNM
A-MOR 001	R. Palenque (Arriba Campo Real) DPAAEO-RM-01	93
A-MOR 002	R. Motuche (Puente La Sabana) DPAAEP-RM-02	23
A-MOR 003	R. Dumarí (Sitios Las dos Bocas) DPAAEO-RSR-RB-01	253
A-MOR 004	R. Buena Vista (Parroquia Buena Vista) DPAAEO-RSR-RB-02	24
A-MOR 005	R. Birón (Sitio Birón) DPAAEO-RSR-RC-01	26
A-MOR 006	R. Caluguro (El Quemado) DPAAEO-RSR-RC-02	209
A-MOR 007	R. Santa Rosa (Ciudad Santa Rosa) DPAAEO-RSR-03	247
A-MOR 008	R. Santa Rosa (Puerto Pital) DPAAEO-RSR-04	465
A-MOR 009	R. Motuche (Sitio Motuche, Puente) DPAAEO-RM-03 A-MOR 010 635240	109
A-MOR 010	R. Saracay (Reserva Buena Aventura) DPAAEO-RA-01	82
A-MOR 011	R. Arenillas (Sitio Piedras) DPAAEO-RA-02	8
A-MOR 012	R. Santa Rosa (Sitio Zabayan cerca captación Torata) DPAAEO-RSR-01	291
A-MOR 013	R. Santa Rosa (Junto a el Vado captación Santa Rosa) DPAAEO-RSR-02	93
A-MOR 014	R. Arenillas (Salida del Embalse) DPAAEO-RA-03	23
A-MOR 015	R. Arenillas (Puente El Checo) DPAAEO-RA-04	253
A-MOR 016	R. Jubones (Uzchurumi) DPAAEO-RJ-01	24
A-MOR 017	R. Quera (Puente Vía Cuenca-Machala) DPAAEO-RJ-RQ-01	165
A-MOR 018	R. Casacay DPAAEO-RJ-RCS-01	191
A-MOR 019	R. Jubones (Puente La Iberia) DPAAEO-RJ-02	16

Metodología para los índices de calidad (NSF)

A partir de los estudios realizados por R. Brown en la década de los 70's, la fundación de saneamiento nacional de los Estados Unidos desarrollo índices de calidad, los cuales contienen nueve parámetros que se ponderan entre si para determinar aptitud de un cuerpo hídrico como son: temperatura, Ph, turbidez, coliformes fecales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno o demanda química de oxígeno, fosfatos, nitratos y solidos disueltos totales.

Según Brown, McClelland, Deininger, & O'Connor (1972) los objetivos básicos del WQINSF son: poner a disposición una herramienta para tratar de manera confiable los datos de los parámetros de calidad del agua y presentarlos como un solo término numérico; y, 55 promover el uso de un proceso para comunicar efectivamente las condiciones de la calidad del agua.

La metodología del cálculo del WQINSF consta de 3 etapas como recomienda Brown, McClelland, Deininger, & Tozer (1970). Calcular el Qi para cada parámetro analizado (coliformes fecales, potencial de hidrógeno pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de Temperatura, turbidez, sólidos y oxígeno disueltos) con la base de las curvas de calidad del agua, calcular la variable

Wi mediante la multiplicación del valor obtenido en el laboratorio para cada parámetro por los pesos asignados por la metodología.

Por último, evaluar las variables mediante la fórmula que se presenta en la ecuación 2 que es un medio ponderado para establecer el índice de la calidad del agua.

$$WQI = \sum_{i=1}^n QiWi$$

Dónde: Qi = sub-índice para el i-ésimo parámetro de calidad del agua;

Wi = peso asociado con el i-ésimo parámetro de calidad del agua;

n = número de parámetros de calidad de agua

Cálculo de Qi mediante curvas de calidad

Para poder utilizar este factor de cálculo llamado Qi, se necesitan los resultados de laboratorio de los 9 parámetros sugeridos anteriormente, así mismo para el cálculo se utilizan las curvas de calidad promedio propuestas por expertos consultados que aportaron en el desarrollo del índice del NSF.

El Qi puede obtener valores de máximo 100 y mínimo de 0 para cada uno de los nueve parámetros de calidad de agua. Entre más se acerca al 100 significa que el parámetro de calidad es mejor. Para obtener resultados más precisos, este estudio utilizó las regresiones polinómicas con base del criterio propuesto por Brown (1970) y Jimenez y Vélez (2006).

A continuación, presentamos las Curvas de acuerdo con los criterios de Brown et al., (1970) y adaptados mediante ajustes polinómicos con la base del trabajo de Jiménez y Vélez (2006). A continuación, se presentan las curvas de calidad para cada parámetro y sus respectivas ecuaciones: saturación de oxígeno, pH, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno (DQO), Nitratos, Fosfatos, turbidez y sólidos disueltos.

Gráfico 1: Curva de calidad y fórmula para el parámetro saturación de oxígeno.

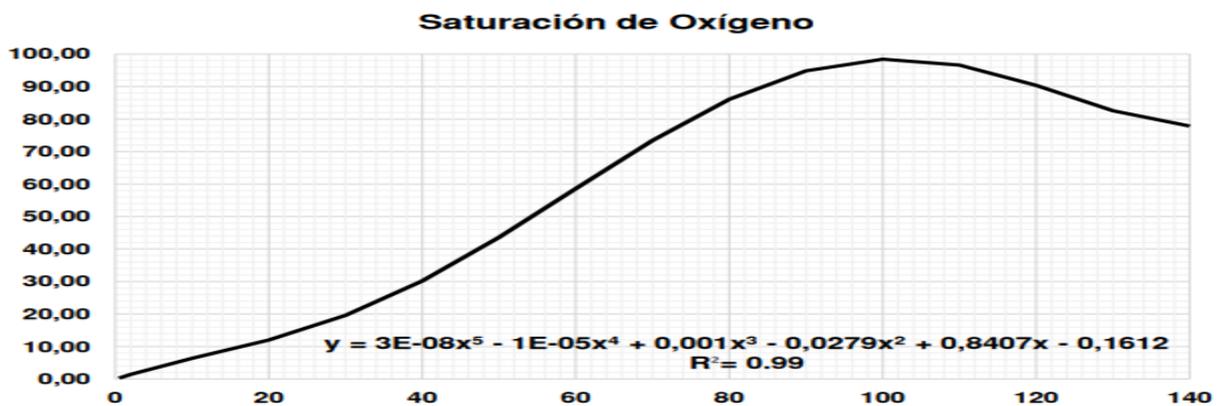


Gráfico 2: Curva de calidad y ajuste polinómico para el parametro de pH.

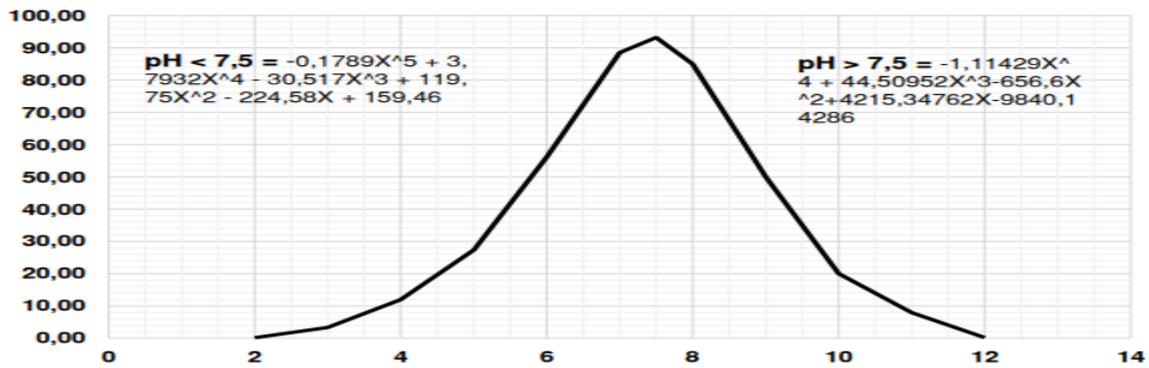


Gráfico 3: Curva de calidad y ajuste polinómico para el parámetro de coliformes fecales.

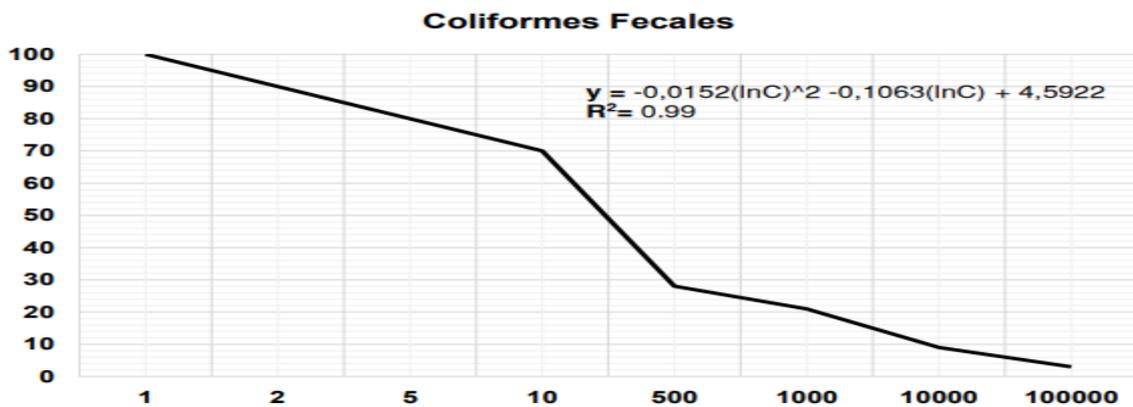


Gráfico 4: Curva de calidad y ajuste polinómico del parámetro demanda bioquímica de oxígeno

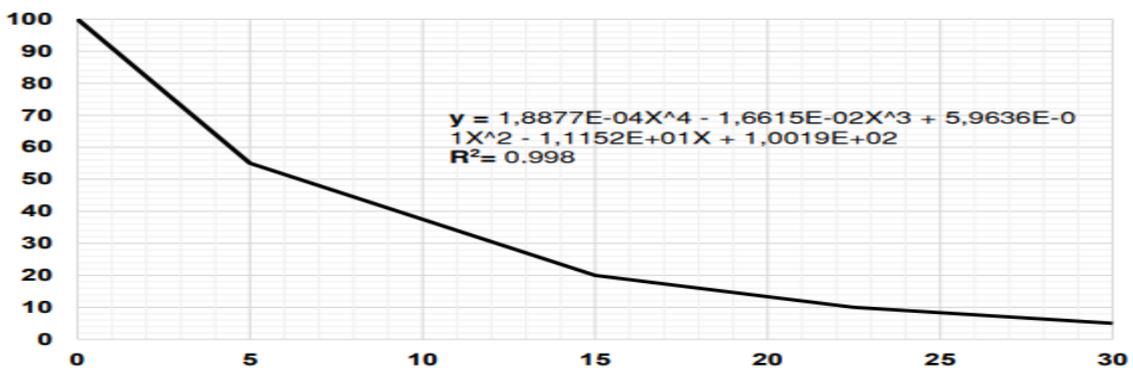


Gráfico 5: Cuerva de calidad y ajuste polinómico para el parámetro de nitratos.

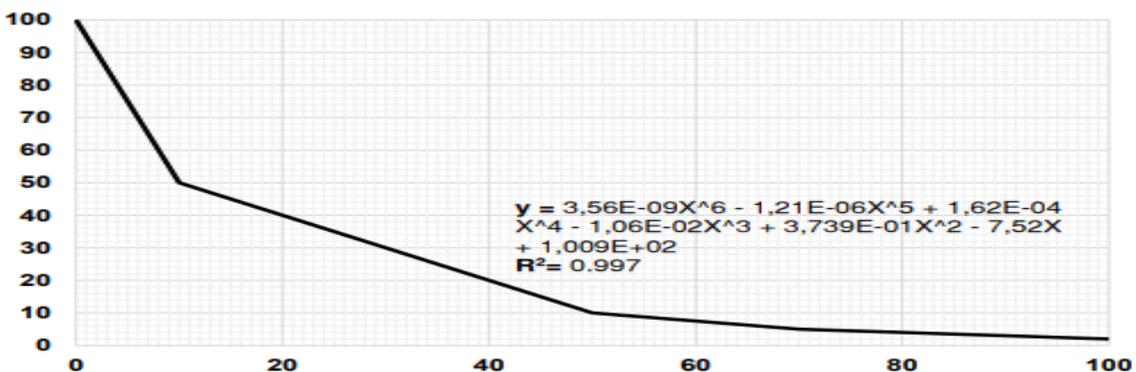


Gráfico 6: Curva de calidad y ajuste polinómico del parámetro de fosfatos.

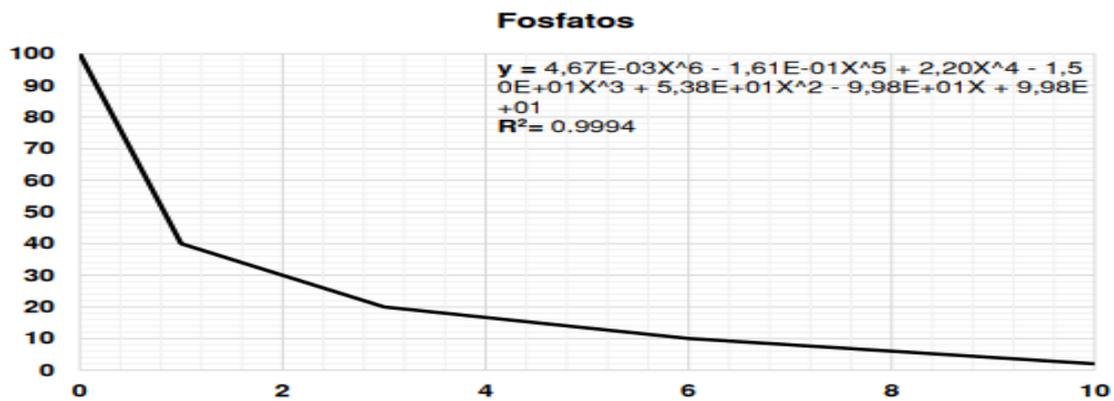


Gráfico 7: Curva de calidad y ajuste polinómico del parámetro turbidez

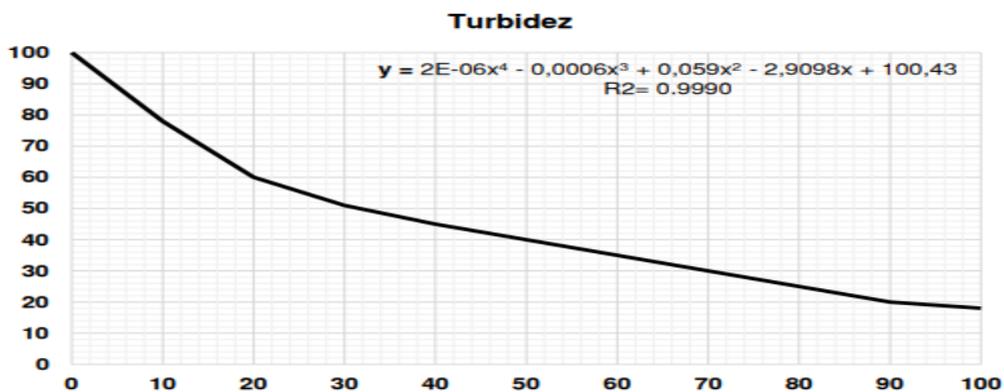
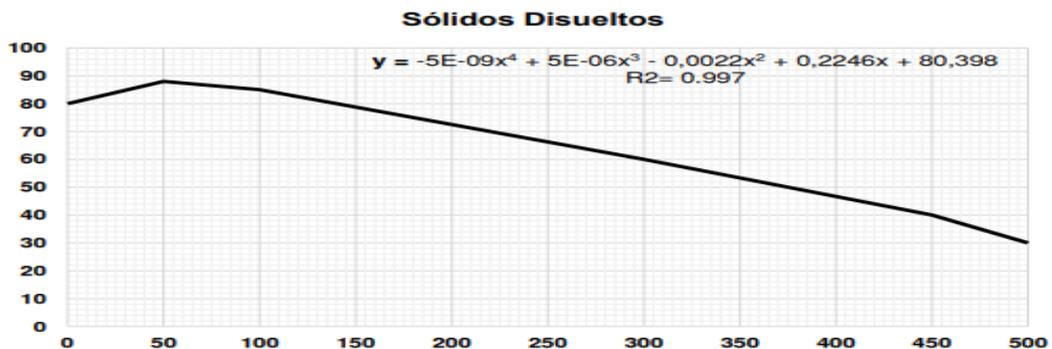


Gráfico 8: Curva de calidad y ajuste del parámetro sólidos disueltos.



Parámetro de temperatura

Se considera que no existe variación de temperatura en todos los casos por cuanto no se hizo una evaluación temporal del parámetro citado, por tanto, se determinó para todos los parámetros Q_i del parámetro temperatura = 100.

Cálculo de W_i (factor de significancia)

En cuanto a las calificaciones de significancia para los parámetros, los expertos que formaron parte dentro del desarrollo del WQINSF realizaron los cálculos de las medias aritméticas. Estos resultados

representan las calificaciones, las cuales van a representar el ponderado de cada uno de los parámetros en una expresión final Brown, McClelland, Deininger, & Tozer, (1970). El resultado que se obtenga del Qi se debe multiplicar con el respectivo factor de ponderación (Wi). A continuación, se presenta el Wi (factor de importancia con respecto a los demás parámetros) para cada uno de los parámetros de calidad del agua.

Tabla 3: Clasificaciones de significancia y ponderaciones para cada parámetro

Parámetro de calidad de agua	Wi
Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,10
Nitratos (NO_3^{-1})	0,10
Fosfatos (PO_4^{3-})	0,10
Cambio de la Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totales Disueltos (STD)	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	0,17

Nota: Recuperado de (Brown R. , McClelland, Deininger y Tozer, A water quality index- Do we dare?, 1970).

Metodología para la formulación del índice WQINSF

Una vez obtenidas las 2 variables necesarias para aplicar la ecuación de WQINSF, se debe evaluar la calidad del agua mediante la aplicación de la fórmula. El resultado se representa en una escala adimensional de 0 a 100. Según Brown, McClelland, Deininger, & Tozer (1970) es factible utilizar esta escala y representarla en un espectro de colores para ilustrar la calidad del agua en una región. Esto se detalla en la Tabla 8 en donde se aborda este concepto hipotético.

Tabla 4: Calificación de la calidad del agua según el método NSFQI

Valor WQI	Calificación de la calidad del agua
91–100	Excelente
71–90	Buena
51–70	Regular
26–50	Mala
0–25	Muy mala

Nota: Recuperado de (Brown R. , McClelland, Deininger y Tozer, A water quality index- Do we dare?, 1970)

Para realizar el cálculo del índice antes del mismo se deberá estimar la cantidad de saturación de oxígeno disuelto con base en el resultado obtenido en el laboratorio con la siguiente fórmula para la

obtener la presión barométrica para cada muestra y a partir de esta variable calcular el porcentaje de saturación de oxígeno.

$$p(\text{HPa}) = 1.013,25 \left(1 - \frac{0,0065z}{298,15} \right)^{5,31}$$

Donde z se presenta con la altura en metros de cada punto donde se obtuvo la muestra.

$$\frac{0,750062 \text{ mmHg}}{1 \text{ HPa}}$$

Luego de ello con el resultado de la formula anterior se transformará la presión de HPa a mmHg. Con la presión atmosférica calculada podemos determinar la concentración máxima de oxígeno en el agua a una temperatura X la cual se la obtuvo en los resultados de laboratorio y a partir de ello nos colocamos la tabla 3 la cual contiene los mg/L al 100% de concentración. Con este dato podemos calcular el porcentaje de concentración de oxígeno de la siguiente manera:

$$\% \text{ Saturacion de } O_2 = \left(\text{resultado de laboratorio en } \frac{\text{mg}}{\text{L}} * \left(\frac{100\%}{\text{resultado de ponderacion de la tabla 3}} \right) \right)$$

Este procedimiento se realizó para las 20 muestras de oxígeno disuelto y obtener este parámetro de acuerdo con el WQINSF.

Resultados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de % Oxígeno disuelto para cada punto:

Tabla 5: Resultados de % de OD.

MSNM	TEMPERATURA	PUNTO	OXÍGENO DISUELTO (mg/L)	%
93	26,1 °C	A-MOR 001	7,16 mg/L	89,724
23	29,2 °C	A-MOR 002	6,28 mg/L	82,414
253	24 °C	A-MOR 003	6,78 mg/L	83,30%
24	30,1 °C	A-MOR 004	6,86 mg/L	91,00%
26	27,3 °C	A-MOR 009	6,49 mg/L	82
209	23,9 °C	A-MOR 010	7,33 mg/L	89,6
247	27,6 °C	A-MOR 011	7,24 mg/L	95,6
465	26 °C	A-MOR 012	7,47 mg/L	97,97
109	30	A-MOR 013	7,31	98,252
82	26,4	A-MOR 014	7,3	91,478
8	30,1	A-MOR 015	7,49	99,336
291	22,2	A-MOR 016	6,86	81,376
165	26,1	A-MOR 017	6,52	82
191	26,5	A-MOR 018	6,52	82
16	29,3	A-MOR 019	6,91	90

Después de haber aplica la metodología propuesta anteriormente se obtuvo la siguiente tabla con los resultados de los índices NSFQI en relación a los puntos de monitoreo que se han tomado:

Tabla 6: Resultados de los índices de NSF_{WQI}

PUNTO	UBICACION	INDICE DE LA CALIDAD WSF									SUMATORIA
		OXÍGENO DISUELTTO	COLIFORMES FECALES	DBO	NITRATOS	POTENCIAL HIDRÓGENO	FOSFATOS	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	TEMPERATURA	TURBIDEZ	
A-MOR 001	R. Palenque (Arriba Campo Real)	89,72	172 UFC/100	6 mg/L	<2,3 mg/L	6,62	< 0,3 mg/L	36 mg/L	26,1 °C	<0,64 UNT	
	WSF	16,87	11,89	5,14	8,55	8,84	7,43	6,87	10,00	7,89	83,48
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 002	R. Motuche (Puente La Sabana)	82,41	10000 UFC/10	9 mg/L	<2,3 mg/L	7,08	< 0,3 mg/L	105 mg/L	29,2 °C	12,5 UNT	
	WSF	15,66	7,59	3,73	8,55	10,16	7,43	6,79	10,00	5,78	75,69
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 003	R. Dumarí (Sitios Las dos Bocas)	83,3	178 UFC/10	7 mg/L	<2,3 mg/L	7,09	74,31	25 mg/L	24 °C	0,99 UNT	
	WSF	14,16	11,86	4,61	8,55	10,17	7,43	6,78	10,00	7,81	81,37
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 004	R. Buena Vista (Parroquia Buena Vista)	91	2500 UFC/10	6 mg/L	<2,3 mg/L	8,42	74,31	<50 mg/L	30,1 °C	5,23 UNT	
	WSF	17,00	9,24	5,14	8,55	2,86	7,43	6,94	10,00	6,94	74,10
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 005	R. Birón (Sitio Birón)	88	90	8	<2,3	7,74	<0,3	<50	28,7	4,98	
	WSF	16,83	12,43	4,14	8,55	9,67	7,43	6,94	10,00	6,99	82,97
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 006	R. Caluguro (El Quemado)	84,3	2800	11	<2,3	7,28	<0,3	<50	26,7	30,4	
	WSF	15,92	9,11	3,03	8,55	10,41	7,43	6,94	10,00	4,11	75,49
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 007	R. Santa Rosa (Ciudad Santa Rosa)	86,1	10600	12	<2,3	7,85	<0,3	101	31	17	
	WSF	16,17	7,51	2,74	8,55	9,13	7,43	6,82	10,00	5,22	73,57
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 008	R. Santa Rosa (Puerto Pital)	87,2	3700	10	<2,3	7,63	<0,3	73	30,8	12,9	
	WSF	16,73	8,79	3,36	8,55	10,06	7,43	6,95	10,00	5,72	77,58
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 009	R. Motuche (Sitio Motuche, Puente)	82	1800 UFC/100	6 mg/L	<2,3 mg/L	6,93	< 0,3 mg/L	173 mg/L	27,3 °C	3,5 UNT	
	WSF	15,57	9,61	5,14	8,55	9,82	7,43	5,99	10,00	7,28	79,37
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									
A-MOR 010	R. Saracay (Reserva Buena Aventura)	89,6	88 UFC/10	6 mg/L	<2,3 mg/L	7,15	< 0,3 mg/L	<50 mg/L	23,9 °C	0,79 UNT	
	WSF	16,89	12,45	5,14	8,55	10,27	7,43	6,94	10,00	7,85	85,52
	CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA	BUENA									

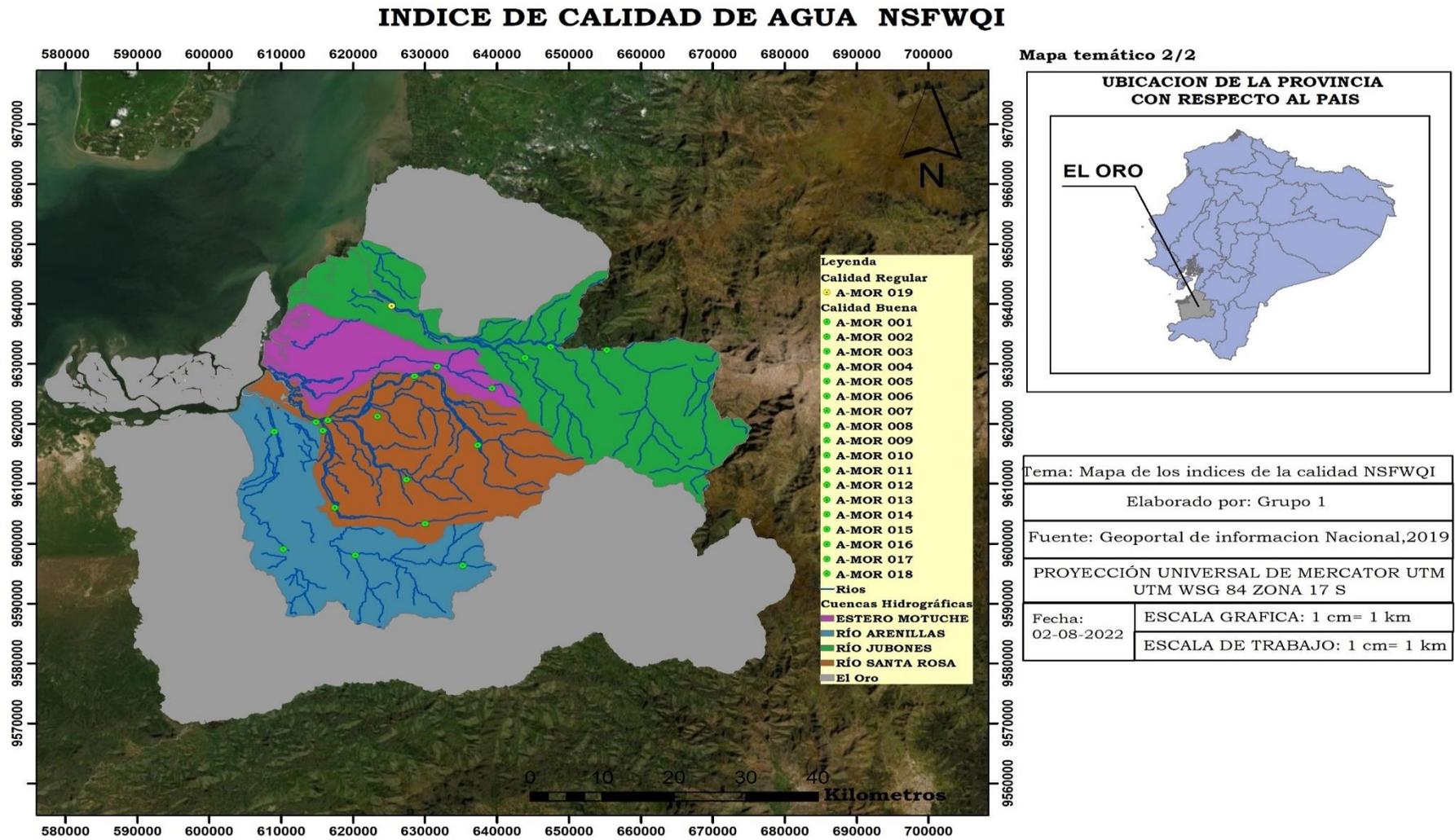
A-MOR 011	R. Arenillas (Sitio Piedras)	95,6	1400 UFC/10	12 mg/L	<2,3 mg/L	7,32	< 0.3 mg/L	<50 mg/L	27,6 °C	1,42 UNT	
WSF		17,00	9,88	2,74	8,55	10,42	7,43	6,94	10,00	7,71	80,67
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 012	R. Santa Rosa (Sitio Zabayan)	97,97	8 UFC/10	7 mg/L	<2,3 mg/L	7,63	< 0.3 mg/L	<50 mg/L	26 °C	<0,64 UNT	
WSF		17,00	14,06	4,61	8,55	10,06	7,43	6,94	10,00	7,89	86,53
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 013	R. Santa Rosa (Junto a el Vado)	98.252	218 UFC/10	8 mg/L	<2,3 mg/L	7.5	<0.3 mg/L	<67 mg/L	30	2.12 UNT	
WSF		17	11,69	4,14	8,55	10,33	7,43	6,96	10	7,56	84.39
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 014	R. Arenillas (Salida del Embalse)	91.478	<1 UFC/10	11 mg/L	<2,3 mg/L	7.65	<0.3 mg/L	<61 mg/L	26.4	0.73 UNT	
WSF		17	15	3	8,55	10	7,43	6,96	10,00	7,87	85.94
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 015	R. Arenillas (Puente El Checo)	99,35	260 UFC/10	8 mg/L	<2,3 mg/L	7,67	<0.3 mg/L	181 mg/L	30,1	0.96 UNT	
WSF		17	11,53	4,14	8,55	9,93	7,43	5,86	10,00	7,82	83.06
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 016	R. Jubones (Uzchurumi) DP AEO-RJ-01	81,38	6500 UFC/10	6 mg/L	<2,3 mg/L	7,54	<0,3 mg/L	74 mg/L	22,2	19.7 UNT	
WSF		15,45	8,12	5,14	8,55	10,26	7,43	6,95	10	4.94	76.84
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 017	R. Quera (Puente Vía Cuenca-Machala)	82	1000 UFC/10	7 mg/L	<2,3 mg/L	7,71	< 0.3 mg/L	50	26,1 °C	0,84 UNT	
WSF		15,58	10,23	4,61	8,55	9,79	7,43	6,94	8,89	7,84	79,86
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 018	R. Casacay	82	138 UFC/10	6 mg/L	<2,3 mg/L	7,85	< 0.3 mg/L	<50 mg/L	26,5 °C	0,64 UNT	
WSF		15,58	12,08	5,14	8,55	9,13	7,43	6,94	8,71	7,89	81,45
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		BUENA									
A-MOR 019	R. Jubones (Puente La Iberia)	90	23000 UFC/10	10 mg/L	<2,3 mg/L	7,48	< 0.3 mg/L	101	29,3 °C	11,5 UNT	
WSF		16,92	3,00	3,36	8,55	10,35	7,43	6,82	8,62	5,91	70,96
CALIFICACION DE LA CALIDAD DEL AGUA		REGULAR									

Análisis de los resultados

Se obtuvieron los resultados para el % de oxígeno de disuelto en donde se encontró en un rango entre 81 a 99 %, esto se debe a la varia altura que presentaron los puntos y por ende a la variación de la presión atmosférica. De los diecinueve puntos muestras los resultados nos permiten interpretar que en dieciocho puntos la calidad del agua está clasificada según el índice NSFQWI como **buena**, y el último punto denomina A-MOR

019 presenta la clasificación de regular. Cabe recalcar que los resultados en los parámetros de *fosfatos y temperatura* se colocaron valores al criterio de los autores basándose que la variación de la misma no se midió temporalmente y en el parámetro de fosfatos se justifica ya que existen escasas actividades agrícolas en las zonas de los puntos muestreados, dando valores de QI de 74% Y 100% respectivamente.

Mapa 2: Resultados de los índices NSFQI



CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología desarrollada para calcular el índice de la calidad del agua propuesta por Brown, McClelland, Deininger, & O'Connor (1972), en el paper denominado A WATER QUALITY INDEX CRASHING THE PSYCHOLOGICAL BARRIER, referente a los ríos de la provincia de El Oro, se determinó que en 18 puntos de muestreo la calidad del agua es “Buena” mientras que el último punto nombrado A-MOR 019 correspondiente al Rio Jubones cerca del Puente la Iberia su calidad de agua es “Regular”.

El punto A-MOR 019 que corresponde al río Jubones presento el valor más alto con respecto al parámetro de Coliformes Fecales de todos los puntos muestreados debido a que se relaciona su localización cerca de zonas pobladas en donde se descargan vertidos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento previo. Este resultado tiene relación con Quiroz Fernandez y otros (2017), en su estudio sobre la aplicación del ICA en el rio Portoviejo, donde también determinaron que el parámetro de Coliformes fecales es el único que excede los LMP establecidos en la normativa ecuatoriana, debido a que también existe la presencia de descargas urbanas procedentes de los poblados cercanos.

El índice de calidad del agua en general de los ríos de la provincia del Oro es buena debido a muchos factores naturales y la presencia de actividades antropogénicas pero que no tienen gran magnitud de afectación al cuerpo hídrico, mientras que Hernandez Gonzalez, Nolasco Tovar, & Salguero Sandoval (2016), en su estudio también utilizaron el método NSF-WQI y determinaron que en 18 puntos de muestreo que realizaron en la cuenca del río SUQUIAPA el 11.11% poseen una calidad mala y el 88.89% poseen una calidad media, esto debido a las actividades comerciales e industriales que provocan descargas de efluentes contaminados por metales pesados y la actividad agrícola con el uso de pesticidas y fertilizantes.

Finalmente se puede destacar el punto A-MOR 012 que corresponde al Rio Santa Rosa, el cual dio un resultado de 86,53 siendo el de mayor calificación dentro de los dieciocho puntos que dieron como ponderación WQI de calidad “Buena”. Destacando posiblemente por estar ubicado en una zona con menor incidencia poblacional debido a la actividad agrícola, ganadera o antrópica.

REFERENCIAS

- Alvarez, A., Rubiños , J., Reyes, F., Alarcon , J., Acosta , E., Ramirez, C., . . . Salazar , E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo México: Diagnóstico y Predicción. Argentina: Revista Internacional de BOTANICA EXPERIMENTAL.

- Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & O'Connor, M. (1972). A WATER QUALITY INDEX CRASHING THE PSYCHOLOGICAL BARRIER. Plenum Press, 173-182.
- Hernandez Gonzalez, F. M., Nolasco Tovar, E. D., & Salguero Sandoval, M. E. (2016). Determinación del Índice de Calidad del Agua y Modelación del Cromo hexavalente en la parte alta del río Suquiavía, Santa Ana, El Salvador. Santa Ana: El Salvador.
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, 41-51.
- SENAGUA. (2011). Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador. Quito: UICN-SENAGUA y Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Torres, P., Hernan, C., & Patiño, P. (2008). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. Brasil: Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- Valdiviezo, J., Garzon, C., Inclan, D., Mena, J., & Gonzalez, D. (2018). Ecosistemas dulceacuícolas de la provincia de El Oro: Peces y macroinvertebrados acuáticos indicadores biológicos del páramo al manglar. Quito.