

Calidad del agua para el riego de cultivos de arroz en la cuenca baja del río Portoviejo, provincia Manabí, Ecuador

Water quality for irrigation of rice crops in the lower Portoviejo river basin, Manabí province, Ecuador

Ángela Mendoza Gonzalez^{1,*}, Alexandra Córdova Mosquera²

¹Universidad Técnica de Manabí. UTM, Portoviejo, Ecuador.

²Departamento de Procesos Químicos, Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí.

Autor de correspondencia: angelamendozag268@hotmail.com

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



Recibido: 5 enero 2023 **Aceptado:** 2 febrero 2023 **Publicado:** 6 febrero 2023

Resumen

En la medida que la población se incrementa, la necesidad de satisfacer demandas como alimentación y vivienda, cada día se acrecientan, a tal punto que, en algunos casos los asentamientos humanos se ubican cercanos a las cuencas de los ríos; y, por otro los agricultores al utilizar estas aguas para el riego de los cultivos que ellos producen, terminan contaminándola. Todo ello, trae consigo que la calidad del agua de los ríos se vea afectada. En este sentido, la investigación tiene como objetivo principal el de evaluar la calidad de agua para riego de cultivos de arroz en la cuenca baja del río Portoviejo mediante el método ICA-NSF, que es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua; para el establecimiento de estrategias de prevención y control de esta problemática, tomando como referencias dos puntos, el primero ubicado en la comunidad El Frutillo, el segundo, en el puente Higuerón de Rocafuerte. Los resultados obtenidos, demuestran que la calidad de agua en la cuenca baja del río Portoviejo, en el punto 1 es media; y, en el punto 2, es mala, ello como producto de la presencia en el agua del incremento de salinidad, que puede afectar significativamente el crecimiento óptimo de las plantas, si se exceden las propiedades a las cuales están expuestas las raíces, además de los niveles excesivos de fosfato y la concentración de altos metales pesados como el Cobalto y Manganeseo, debido a las descargas de aguas residuales, actividades antropogénicas, principalmente de la agricultura y de otras fuentes contaminantes como el caso de las lubricadoras y población cercana al meandro del río, que descargan directamente a este caudal sin ningún tipo de control o por lo menos de concienciación de las personas que realizan estas actividades contaminantes. Finalmente, se concluye que, la calidad de agua de la cuenca baja de río Portoviejo, especialmente para los sembríos y en este caso del arroz, no es la más adecuada; pero hay que tener claro, que para los agricultores de esta zona es la única fuente de abastecimiento de agua para estos tipos de actividades productivas.

Palabras clave: Calidad del agua, Índice ICA-NSF, Río Portoviejo.

Abstract

As the population increases, the need to satisfy demands such as food and housing increases every day, to such an extent that, in some cases, human settlements are located close to river basins; and, on the other hand, when farmers use this water to irrigate the crops they produce, they end up contaminating it. All this brings about that the quality of the water in the rivers is affected. In this sense, the main objective of the research is to evaluate the quality of water for irrigation of rice crops in the lower Portoviejo River basin using the ICA-NSF method, which is a statistical tool to estimate the quality of a body of water, for the establishment of strategies to prevent and control this problem, taking as references two points. The first, located in the El Frutillo community; the second, at the Higuerón of Rocafuerte Bridge. The results obtained show that the water quality in the lower Portoviejo River basin, at point 1, is medium; and, at point 2, is bad. This, as a result of the increase of salinity in the water, which can significantly affect the optimal growth of the plants if the properties to which the roots are exposed get exceeded, in addition to excessive levels of phosphate and the concentration of high heavy metals such as Cobalt and Manganese, due to wastewater discharges, anthropogenic activities, mainly from agriculture and other polluting sources such as the lubricators and population near the meander of the river, which discharge directly into this flow without any type of control or at least awareness of the people who carry out these polluting activities. Finally, it is concluded that the water quality of the lower Portoviejo River basin, especially for crops and in this case rice, is not the most adequate; but it must be clear that, for farmers in this area, it is the only source of water supply for these types of productive activities.

Keywords: Water quality, ICA-NSF Index, Portoviejo River.

1. Introducción

El continuo crecimiento de la población humana y la prevalencia de modelos de desarrollo no sostenibles, particularmente a partir de la Revolución Industrial, ha tenido como consecuencia el agotamiento de los recursos naturales, la contaminación de los suelos, el aire, los ríos y los mares, conllevando a la pérdida de la disponibilidad de estos recursos y otros efectos relacionados con el cambio climático y sus consecuencias. [1, 2]. En este orden, el agua es el único elemento capaz de sostener la vida en la tierra; sin embargo, existen determinantes para su permanencia [3]. Un ejemplo de ello es la agricultura tradicional e intensiva, el crecimiento demográfico y las industrias, las cuales han causado un deterioro en la calidad del agua, debido a esto se ha buscado nuevos métodos y tecnologías para un adecuado tratamiento; mientras que, el uso del agua constituye una variable importante en la agricultura y los sistemas de riego; los valores más importantes para evaluar la calidad de agua de riego son salinidad, alcalinidad, toxicidad [4].

Según el Banco Mundial, los países latinoamericanos gozan de las mayores reservas de agua dulce del mundo; sin embargo, tienen muchos desafíos por delante respecto a la gestión de los recursos hídricos. Basándose en el análisis y la evaluación de los resultados de numerosas investigaciones en torno al agua, se puede afirmar que, el uso intensivo de agua, la variabilidad de las precipitaciones y la contaminación son factores que se conjugan en algunos lugares transformando al agua en uno de los principales riesgos para el progreso económico, la erradicación de la pobreza y el desarrollo sostenible. Así también, los países en desarrollo cuentan con que el 90% de sus aguas residuales se desvían sin tratamiento a cuerpos de agua donde sus fuentes de suministro están contaminadas [5]. En la cuenca de río Portoviejo, se encuentra la represa de Poza Honda, la que fluye a través de las zonas montañosas y colinadas del suroeste, luego gira hacia el noroeste cerca de Santa Ana de Vuelta Larga, continua a través de la ciudad de Portoviejo, para reunirse con el río Chico en una estrecha planicie de inundación cerca de Mejía, luego sigue su curso por Rocafuerte, finalmente

desemboca, en el sitio La Boca entre las parroquias de Crucita de Portoviejo y el balneario de San Jacinto (hacia el sur en el Océano Pacífico). El curso principal del río Portoviejo tiene una longitud total de 143 km, y un volumen anual de escorrentía de 777 hm³. Sus principales tributarios son los ríos Chico y Bachillero [6]. El río se caracteriza por numerosos meandros en su curso a través de la amplia llanura aluvial desde Santa Ana río abajo. Al pasar por Santa Ana se presenta un tanto confinado por las empinadas colinas. La cuenca está formada por la subcuenca del río Portoviejo que tiene 13 microcuencas, la subcuenca del río Chico formada por siete microcuencas y la subcuenca del río Bachillero constituida por tres microcuencas; la subcuenca del río Portoviejo tiene una superficie de 143.415 ha contiene tres microcuencas principales que son: río Portoviejo 58.628 ha, río Lodana 29.644 ha y el embalse de Poza Honda con 19.074 ha. La subcuenca del río Chico tiene una superficie de 47.143 ha cuyas principales microcuencas son las formadas por el río Chico con 19.531 ha y el río Chamotete 9.350 hectáreas; y, por último, la subcuenca del río Bachillero que tiene una superficie de 20.271 ha y su principal microcuenca es la del río Guanábano con una superficie de 7.590 ha [6].

La cuenca del río Portoviejo está comprendida en los cantones Portoviejo (45% del área de la cuenca), Santa Ana (27%), Rocafuerte (11%) y 17% principalmente entre los cantones 24 de Mayo y Jipijapa y en menor medida en los cantones Pichincha y Junín [4]. En la parte baja del río la cuenca tiene aproximadamente 16 km de ancho, mientras que, en los sectores altos de la cuenca, su ancho es en promedio alrededor de 1.6 km. El área de drenaje del río Portoviejo es aproximadamente 2108 km², de los cuales 1255 km² están río arriba desde la ciudad de Portoviejo [6]. El cauce del río tiene una pendiente de 0,1% desde Portoviejo hasta su desembocadura en La Boca de Crucita. Entre Portoviejo y Santa Ana, donde la ancha llanura aluvial termina, la pendiente es de 0,3%. Desde Santa Ana a las zonas altas, el río baja desde una elevación de 370 m a 95 m junto a una pendiente promedio de 0,6%. Varios afluentes mayores desembocan en el río antes de que éste pase por la ciudad [6].

En la cuenca baja del río Portoviejo existen asentamientos humanos que se han ido desarrollando como producto de la actividad agrícola y expansión humana. Por lo tanto, las cuencas hidrográficas son importantes para la permanencia de los cauces de agua que satisfacen las necesidades de los habitantes. Los procesos naturales que ocurren en la cuenca ayudan a absorber agua incluso en condiciones secas y abastecen del importante líquido a los canales a través de la interacción del agua, el suelo, el clima y la vegetación [7].

En todo este recorrido del río Portoviejo, se ve comprometida la calidad del agua, ya que de lo que se conoce, los principales problemas de contaminación que afectan la misma y particularmente la que se utiliza para el cultivo de arroz en la cuenca baja de éste, derivan de varios aspectos como es el manejo inadecuado de los suelos y cultivos, además, de otras fuentes contaminantes como es el caso de las lubricadoras, hospitales, camales y población cercana al meandro del río, que descargan directamente a este caudal sin ningún tipo de control o por lo menos de concienciación de las personas que realizan estas actividades contaminantes.

Por ello, es importante saber la calidad del agua que se utiliza para los diferentes tipos de cultivos que se cosechan y que utilizan el agua del río Portoviejo, más aún de la cuenca baja particularmente en el cultivo de arroz; por el sin número de contaminación del qué ha sido objeto la misma, como los desechos orgánicos e inorgánicos que se tiran al río, los residuos de desinfectantes químicos que se vierte en éste, al momento de que el agricultor lava sus instrumentos de producción, como bombas para fumigar, entre otros, que deterioran la calidad del agua del río, y en este caso de la cuenca baja del río Portoviejo.

La región de estudio se ubica en la parte costera media de la provincia de Manabí. Comprende la parte baja de la cuenca del río Portoviejo, donde se concentran la mayoría de los cultivos, así como

partes de las lomas que lo bordean, que no alcanzan los 250 msnm y donde se dan cultivos de secano. Abarca unos 150 km² con una población de más de 60.000 habitantes (densidad promedio de 400 hab/km²), que se concentra en pueblos de 1.000 a 5.000 habitantes en el valle. La mayoría se dedica a actividades agropecuarias. [8].

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la utilización de los sistemas hídricos está condicionada a la calidad de la masa de agua que contenga. Por lo general, la calidad del agua, se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares [9]. En este sentido, Olguín et al. [10], mencionan en cuanto a los parámetros de la calidad del agua, los físicos, químicos y microbiológicos, cuyos ensayos y pruebas en laboratorio son los métodos cuantitativos utilizados. En ese mismo sentido, Torres et al. [11], señalan que, la evaluación de la calidad del agua permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando el suministro de agua segura. Finalmente, para evaluar la calidad de agua se han aplicado diferentes sistemas, entre ellos se tiene el Índice de Calidad de Agua ICA- NSF, cuyos parámetros de estudio han sido considerados según el uso que se le está dando al agua, en este caso agua para el riego; esta es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua. Sobre este particular, se ha planteado que este índice propone clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, de acuerdo con los constituyentes evaluados; y esto, a su vez, hace posible calificar el agua según su estado como: Excelente, Bueno, Medio, Malo o Muy Malo [12].

Después de las consideraciones anteriores, el objetivo general de esta investigación, fue el de evaluar la calidad de agua para riego de cultivos de arroz en la cuenca baja del río Portoviejo mediante el método ICA-NSF que considera los siguientes parámetros; coliformes fecales (CF), Potencial de hidrogeno (pH), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Nitratos (NO₃-1), Fosfatos (PO₄ 3-), Cambio de la Temperatura, Turbidez, Solidos totales disueltos (STD), Oxígeno disuelto (OD), y de manera especial los parámetros de; Turbiedad, Conductibilidad, Arsénico, Cobalto, Cromo, Manganeseo, para el caso del agua de riego, para el establecimiento de estrategias de prevención y control de esta problemática.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación tiene como objetivo el de analizar la calidad del agua de la cuenca baja del río Portoviejo está ubicada en la provincia de Manabí. Según *Giler et al.* [7], está conformada por los cantones Portoviejo, Rocafuerte, Santa Ana y una parte del cantón 24 de Mayo, la cual consta de un área total de 2.105,07 km².

Para la selección del lugar para la toma de muestras, se escogió los lugares que utilizan el agua del río Portoviejo para fines de riego. Hay que resaltar que la toma de muestras se realizó por etapas, una en época invernal en el mes de mayo y en la época de varano en el mes de julio; de tal manera que se pueda determinar la calidad del agua en función del clima, lo cual puede cambiar significativamente el índice de calidad de agua.

En la imagen satelital (Figura 1) se observan las ubicaciones de los 2 puntos en los cuales se realizó el muestreo y el análisis de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos establecidos por el ICA-NSF.



Fig.1 Imagen Satelital de la ubicación de los 2 puntos de muestreo

Las coordenadas de la zona de muestreo, se muestran a continuación:

Tabla 1. Coordenadas de las zonas de muestreo

Punto	Ubicación	Coordenadas (UTM)
1	Comunidad el frutillo	556216.466E 9903202.665N 17M
2	Puente Higuero de Rocafuerte	556222.994E 9903193.104N 17M

Las muestras para ambos puntos fueron tomadas de la siguiente manera: para el primer punto, las muestras fueron tomadas en un recipiente de vidrio color ámbar para evitar la influencia del sol de 1 litro, a 30 cm de profundidad en el centro del rio y así mismo para el punto dos. Para los parámetros físicos y químicos se utilizó un recipiente por punto, y para los parámetros microbiológicos se utilizó recipiente para muestra de orina por punto.

Una vez obtenidas las muestras, se las procedió a llevar al laboratorio tomando las medidas de protocolo de la Norma INEN 2 169:98 agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Hay que recalcar que los análisis de las muestras se realizaron por triplicado.

El Índice de Calidad de Agua (ICA), es una herramienta estadística para estimar la calidad de un cuerpo de agua. Así mismo, se ha planteado que este índice propone clasificar en una escala de 0 a 100 la calidad representativa del agua, de acuerdo con los constituyentes evaluados; y esto, a su vez, hace posible calificar el agua según su estado como: Excelente, Bueno, Medio, Malo o Muy Malo [12].

En el Ecuador, la metodología que se utiliza para el cálculo del ICA es la propuesta por Brown (1970), basada en la evaluación de nueve parámetros o variables. El índice de calidad de agua mediante el NSF se fundamenta en un procedimiento que tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables [13], y se determina a través de la siguiente ecuación (1).

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^9 (S_i * W_i) \quad (1)$$

Donde:

ICA-NSF: Índice de Calidad de Agua método NSF

Si: Subíndice del parámetro i

Wi: Factor de ponderación para el Subíndice i

En las curvas conocidas como Curvas de Función se representa una escala de calificación para cada indicador, de tal forma que se establece una correlación entre los diferentes parámetros y su influencia en el grado de contaminación [14]. En la Tabla 2, se observa la escala utilizada para interpretar el resultado final de la calidad del agua [15].

Tabla 2. Calidad del agua asociada al valor del ICA (Escala de clasificación del ICA-NSF)

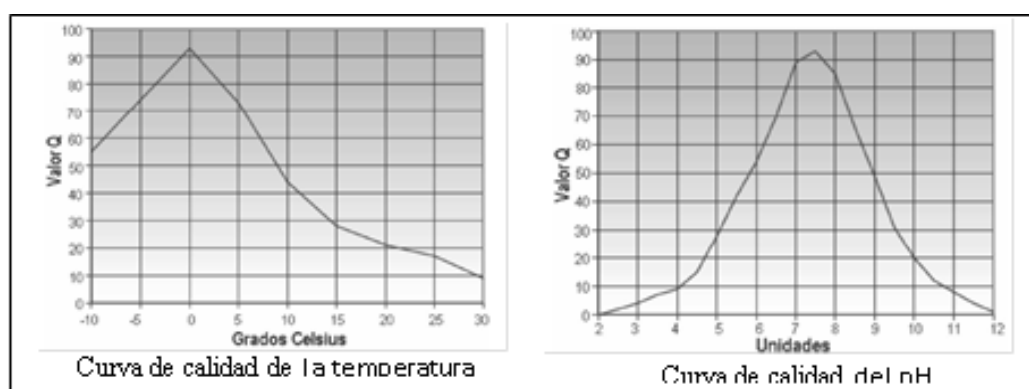
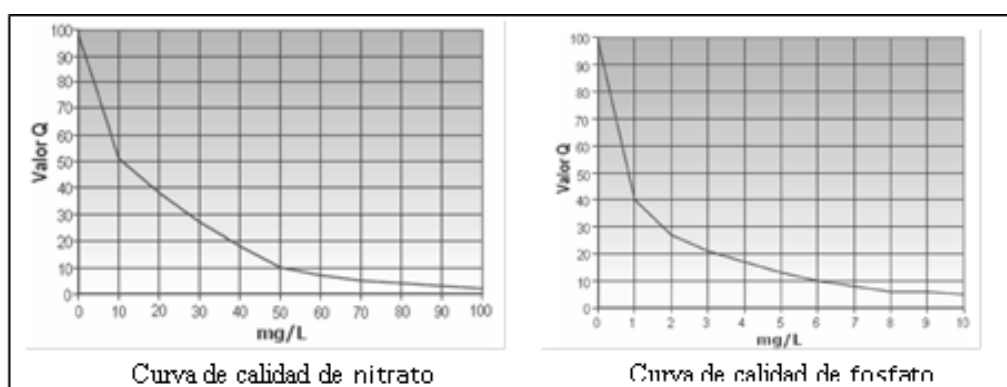
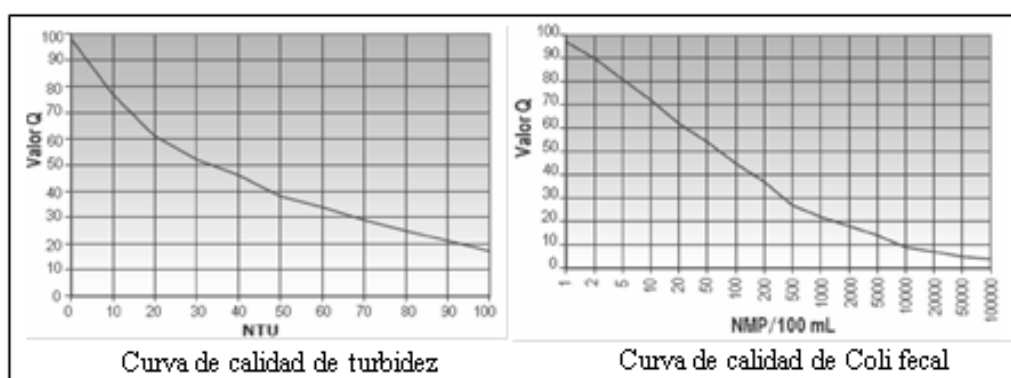
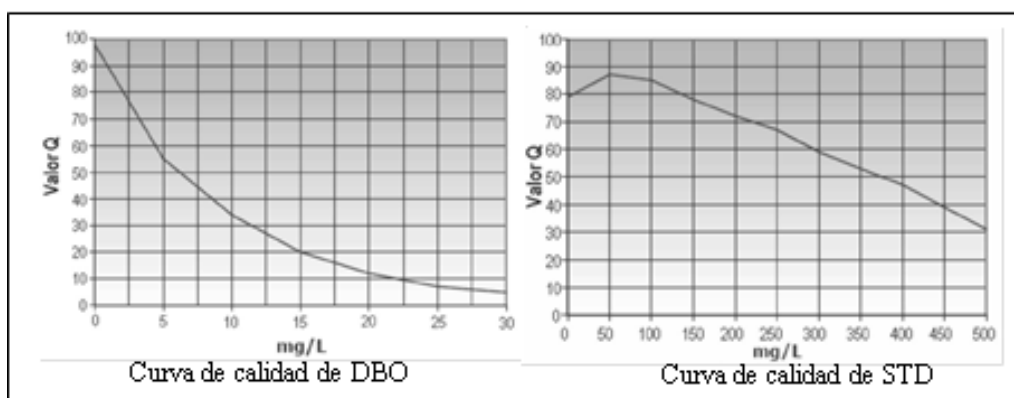
Calidad del agua	Valor del ICA
Excelente	91 – 100
Buena	71 – 90
Media	51 – 70
Mala	26 – 50
Muy Mala	0 – 25

En la Tabla 3, se presentan los pesos asignados a cada variable [16].

Tabla 3. Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF

Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0,10
Nitratos (NO3-1)	0,10
Fosfatos (PO4 3-)	0,10
Cambio de la Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totales disueltos (STD)	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	0,17

En las Figuras 2, 3, 4, y 5 aparecen las curvas de función según Brown (1970), modificadas por Samboni et al. [17], que se utilizan para determinar el valor por cada concentración de los parámetros contemplados en el ICA.



Para el presente estudio se ha tomado en cuenta parámetros que son necesarios para determinar la calidad del agua para su uso en riego.

Tabla 4. Parámetros de calidad de agua para riego

PARAMETROS	CRITERIO DE CALIDAD
Turbiedad	<10 NTU
Conductibilidad	0,7-3,0 milimhos/cm
Arsénico	0,1 mg/L
Cromo	0,1 mg/L
Cobalto	0,01 mg/L
Manganeso	0,2 mg/L

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos, en el laboratorio de los dos puntos de muestreo P1 y P2 en el mes de mayo y julio, se evidencia en la siguiente tabla.

Así, obtenido y analizado los parámetros de las muestras de agua recogidas in situ y procesadas en el laboratorio, como lo muestra la Tabla 5, se procedió a realizar el cálculo del ICA -NSF aplicando la ecuación (1) y las curvas de función de acuerdo a Brown en el año 1970. Estos resultados obtenidos de los nueve parámetros del ICA – NSF, en los dos puntos de muestreo (P1, P2) en los meses de mayo y julio de la cuenca baja del río Portoviejo se evidencian en las siguientes tablas:

Tabla 5. Resumen estadístico de los resultados de parámetros obtenidos en los puntos y fechas muestreadas

P U N T O	1	M A Y O	PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	X
			POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	7	7	7	7
			OXIGENO DISUELTO	(mg/L)	6,01	5,91	6,22	6
			SOLIDOS TOTATES DISUELTOS, STD	(mg/L)	640	631	642	638
			TEMPERATURA	°C	26,8	26,7	26,6	27
			TURBIEDAD	NTU	6,45	7,01	6,77	7
			NITRATO, NO3	(mg/L)	7,2	6,8	7,1	7,03
			FOSFORO TOTAL	(mg/L)	2,8	3,1	3	3
			CONDUCTIBILIDAD	milimhos/cm	1,16	1,13	1,17	1,15
			ARSENICO	(mg/L)	0	0	0	0
			COBALTO	(mg/L)	0,36	0,31	0,35	0,34
			CROMO	(mg/L)	0,003	0,005	0,003	0,004
			MANGANESO	(mg/L)	0,6	0,5	0,6	0,6
			DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DBO	(mg/L)	2,2	3,5	3,3	3,0
			COLIFORMES FECALIS	NMP/100ML	74	62	54	63
P U N T O	1	J U L I O	PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	X
			POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	7,5	7,5	7	7
			OXIGENO DISUELTO	(mg/L)	6,12	5,98	6,18	6
			SOLIDOS TOTATES DISUELTOS, STD	(mg/L)	451	448	443	447
			TEMPERATURA	°C	25,4	26,2	25,7	26
			TURBIEDAD	NTU	6,61	6,34	5	6
			NITRATO, NO3	(mg/L)	8	8	9	8,33
			FOSFORO TOTAL	(mg/L)	6,5	5,9	6,7	6
			CONDUCTIBILIDAD	milimhos/cm	0,91	0,92	0,92	0,92
			ARSENICO	(mg/L)	0	0	0	0
			COBALTO	(mg/L)	0,33	0,37	0,35	0,35
			CROMO	(mg/L)	0,018	0,021	0,016	0,018
			MANGANESO	(mg/L)	0,5	0,7	0,5	0,6
			DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DBO	(mg/L)	3,8	3,7	3,4	3,6
			COLIFORMES FECALIS	NMP/100ML	121	133	121	125
P U N T O	2	M A Y O	PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	X
			POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	7	7	7	7
			OXIGENO DISUELTO	(mg/L)	6,21	6,33	6,14	6
			SOLIDOS TOTATES DISUELTOS, STD	(mg/L)	647	645	649	647
			TEMPERATURA	°C	26,8	26,6	26,7	27
			TURBIEDAD	NTU	7,61	7,35	7,62	8
			NITRATO, NO3	(mg/L)	9,3	8,5	9,1	8,97
			FOSFORO TOTAL	(mg/L)	4,7	4	4,3	4
			CONDUCTIBILIDAD	milimhos/cm	1,17	1,17	1,18	1,17
			ARSENICO	(mg/L)	0	0	0	0
			COBALTO	(mg/L)	0,08	0,12	0,05	0,08
			CROMO	(mg/L)	0,004	0,004	0,003	0,004
			MANGANESO	(mg/L)	0,8	0,8	0,7	0,8
			DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DBO	(mg/L)	4,01	4,11	3,9	4,0
			COLIFORMES FECALIS	NMP/100ML	464	458	529	484
P U N T O	2	J U L I O	PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	RESULTADOS	RESULTADOS	X
			POTENCIAL DE HIDROGENO	pH	7,5	7,5	7,5	8
			OXIGENO DISUELTO	(mg/L)	6,12	5,98	6,18	6
			SOLIDOS TOTATES DISUELTOS, STD	(mg/L)	451	448	443	447
			TEMPERATURA	°C	25,7	25,4	26,2	26
			TURBIEDAD	NTU	6,61	6,34	6,48	6
			NITRATO, NO3	(mg/L)	8	8	9	8,33
			FOSFORO TOTAL	(mg/L)	6,5	5,9	6,7	6
			CONDUCTIBILIDAD	milimhos/cm	0,89	0,91	0,90	0,90
			ARSENICO	(mg/L)	0	0	0	0
			COBALTO	(mg/L)	0,11	0,16	0,13	0,13
			CROMO	(mg/L)	0,012	0,016	0,014	0,014
			MANGANESO	(mg/L)	0,9	1,1	1,1	1,0
			DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DBO	(mg/L)	3,8	3,7	3,4	3,6
			COLIFORMES FECALIS	NMP/100ML	320	460	340	373

Tabla 6. Calculo del ICA-NSF en el punto 1 del mes de mayo

INDICE DE BROWN O DE LA NSF (ESTADOS UNIDOS, 1970)								
No.	PARÁMETRO	Valor de ensayo	Unidad	Si gráfico	Si fórmula	Wi	Si*Wi gráfico	Si*Wi fórmula
1	Coliformes fecales	63,33	NMP/100ml	50,00	48,89	0,15	7,50	7,33
2	pH	7,00	unidades de pH	90,00	92,08	0,12	10,80	11,05
3	DBO5	3,00	mg/L	65,00	70,74	0,10	6,50	7,07
4	Nitratos	7,03	mg/L	60,00	64,69	0,10	6,00	6,47
5	Fosfatos	2,97	mg/L	20,00	17,44	0,10	2,00	1,74
6	Cambio de temperatura	26,70	°C	83,00	90,39	0,10	8,30	9,04
7	Turbidez	6,74	NTU	88,00	83,93	0,08	7,04	6,71
8	Sólidos disueltos totales	637,67	mg/L	5,00	24,19	0,08	0,40	1,94
9	Oxígeno disuelto	6,05	% sat	7,00	5,68	0,17	1,19	0,96
				$ICA = \sum_{i=1}^9 (S_i * W_i)$			49,73	52,32
				%ERROR			2,59	

Tabla 7. Calculo del ICA-NSF en el punto 1 del mes de julio

INDICE DE BROWN O DE LA NSF (ESTADOS UNIDOS, 1970)								
No.	PARÁMETRO	Valor de ensayo	Unidad	Si gráfico	Si fórmula	Wi	Si*Wi gráfico	Si*Wi fórmula
1	Coliformes fecales	125,00	NMP/100ml	32,00	41,45	0,15	4,80	6,22
2	pH	7,17	unidades de pH	92,00	93,18	0,12	11,04	11,18
3	DBO5	3,03	mg/L	72,00	70,49	0,10	7,20	7,05
4	Nitratos	10,00	mg/L	50,00	57,02	0,10	5,00	5,70
5	Fosfatos	3,77	mg/L	19,00	13,74	0,10	1,90	1,37
6	Cambio de temperatura	25,77	°C	80,00	90,39	0,10	8,00	9,04
7	Turbidez	5,30	NTU	88,00	86,29	0,08	7,04	6,90
8	Sólidos disueltos totales	439,00	mg/L	42,00	41,31	0,08	3,36	3,30
9	Oxígeno disuelto	6,40	% sat	8,00	5,80	0,17	1,36	0,99
				$ICA = \sum_{i=1}^9 (S_i * W_i)$			49,70	51,76
				% ERROR			2,06	

Tabla 8. Calculo del ICA-NSF en el punto 2 del mes de mayo

INDICE DE BROWN O DE LA NSF (ESTADOS UNIDOS, 1970)								
No.	PARÁMETRO	Valor de ensayo	Unidad	Si gráfico	Si fórmula	Wi	Si*Wi gráfico	Si*Wi fórmula
1	Coliformes fecales	483,67	NMP/100ml	28,00	28,63	0,15	4,20	4,29
2	pH	7,00	unidades de pH	90,00	92,08	0,12	10,80	11,05
3	DBO5	4,01	mg/L	65,00	63,46	0,10	6,50	6,35
4	Nitratos	8,97	mg/L	60,00	59,58	0,10	6,00	5,96
5	Fosfatos	4,33	mg/L	19,00	11,87	0,10	1,90	1,19
6	Cambio de temperatura	26,70	°C	82,00	90,39	0,10	8,20	9,04
7	Turbidez	7,53	NTU	83,00	82,67	0,08	6,64	6,61
8	Sólidos disueltos totales	647,00	mg/L	32,00	23,63	0,08	2,56	1,89
9	Oxígeno disuelto	6,23	% sat	5,00	5,74	0,17	0,85	0,98
				$ICA = \sum_{i=1}^9 (S_i * W_i)$			47,65	47,35
				%ERROR			0,30	

Tabla 9. Calculo del ICA-NSF en el punto 2 del mes de julio

INDICE DE BROWN O DE LA NSF (ESTADOS UNIDOS, 1970)								
No.	PARÁMETRO	Valor de ensayo	Unidad	Si gráfico	Si fórmula	Wi	Si*Wi gráfico	Si*Wi fórmula
1	Coliformes fecales	373,33	NMP/100ml	30,00	30,86	0,15	4,50	4,63
2	pH	7,50	unidades de pH	92,00	91,92	0,12	11,04	11,03
3	DBO5	3,63	mg/L	70,00	66,07	0,10	7,00	6,61
4	Nitratos	8,33	mg/L	70,00	61,21	0,10	7,00	6,12
5	Fosfatos	6,37	mg/L	10,00	7,73	0,10	1,00	0,77
6	Cambio de temperatura	25,77	°C	80,00	90,39	0,10	8,00	9,04
7	Turbidez	6,48	NTU	81,00	84,36	0,08	6,48	6,75
8	Sólidos disueltos totales	447,33	mg/L	40,00	40,35	0,08	3,20	3,23
9	Oxígeno disuelto	6,09	% sat	8,00	5,69	0,17	1,36	0,97
				$ICA = \sum_{i=1}^9 (S_i * W_i)$			49,58	49,14
				% ERROR			0,44	

Tabla 10. Resumen de cálculo del ICA-NSF

PUNTOS	MES	FECHA	Resultados ICA - NSF Método gráfico	Resultados ICA - NSF método ecuaciones	Calidad según ICA - NSF	% ERROR
1	MAYO	02/05/2022	49,73	52,32	MEDIA	2,59
1	JULIO	22/07/2022	49,7	51,76	MEDIA	2,06
		PROMEDIO	49,72	52,04	MEDIA	2,33
2	MAYO	02/05/2022	47,65	47,35	MALA	0,3
2	JULIO	22/07/2022	49,58	49,14	MALA	0,44
		PROMEDIO	48,62	48,25	MALA	0,37

La conductividad eléctrica es una forma de conocer la salinidad del agua de riego. Para el punto 1 en el mes de mayo presenta una CE de 1,15 milimhos/cm y en el mes de julio 0,92 milimhos/cm. En el punto 2 se tiene un CE en el mes de mayo de 1,17 milimhos/cm y el mes de julio de 0,90 milimhos/cm, estos valores según la Norma están en criterio de calidad de ligero – moderado que van de 0,7-3,0 milimhos/cm, encontrándose en un problema creciente de salinidad, el cual influye de manera negativa sobre los componentes del rendimiento, la fertilidad y el rendimiento en grano del arroz, disminuyendo el crecimiento de los cultivos al ocasionar dificultad para la absorción radicular de agua y nutrientes.

De igual manera se analizaron metales pesados, tales como Arsénico (As), Cobalto (Cb), Manganeseo (Mn). El arsénico es un elemento tóxico y se encuentra actualmente en la lista de los principales contaminantes del medio ambiente a escala global, en el caso de los puntos de muestreo se obtuvo valores de arsénico de cero (0) para todos los diferentes puntos, encontrándose dentro del límite permisible de criterio de calidad que es de 0,1. El cobalto (Cb) y el Manganeseo (Mn) sus valores sobrepasan los límite permisible, que son para Cobalto de 0,01 mg/l, teniendo para el punto 1 en el mes de mayo un valor de 0,34 mg/l y en el mes de julio 0,35 mg/l; y, para el punto 2 en el mes de mayo de 0,08 mg/l y en el mes de julio de 0,13 mg/l. El Manganeseo (Mn) presenta valores para el punto 1 en el mes de mayo y julio de 0,6 mg/l y en el punto 2 en el mes de mayo de 0,8 mg/l y en el mes de julio de 1 mg/l, estando así por encima del límite permisible de criterio de calidad de agua para riego de 0,2 mg/l, de acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Los suelos agrícolas están potencialmente contaminados con metales pesados, debido a las prácticas agrícolas existentes con el uso arbitrario de productos agroquímicos, como plaguicidas y fertilizantes y estos al estar disponible en la solución del suelo son absorbidos por las plantas y se puede manifestar como un retraso en la germinación de las semillas de las

plantas, ya que los metales pesados inhiben en este proceso, causando también en su mayoría una disminución del crecimiento de las raíces principales, laterales y secundarias, lo cual también impide la absorción de minerales esenciales y agua, lo cual repercute en el crecimiento y rendimiento de la planta.

Con respecto a los Coliformes fecales de manera general, estos, están asociados con el parámetro de la sanidad del agua que se ha utilizado en el proceso de sembrío de los diferentes productos; en este caso de los resultados obtenidos se tiene para el caso del punto 1, que en el mes de mayo y julio presentan un incremento de 63 NMP/100ml a 125NMP/100ml, parámetros que se encuentra dentro del rango de Criterio de Calidad, es decir que no superan los 1000 NMP/100ml. Para el punto 2, en los meses de referencia, los coliformes fecales van de 484 NMP/100ml a 373 NMP/100ml igualmente están dentro del rango de criterio de calidad; Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Así también, el agua con un pH inferior a 7 se considera ácida, con un pH igual a 7 se considera neutra y con un pH superior a 7 es básica; en este caso en el punto 1 del mes de mayo y julio el pH es de 7, dando así un pH neutro, el cual también está dentro del rango de criterio de calidad de la normativa vigente que es de 6,5-8,4 [18]. Para el punto 2 en el mes de mayo y julio el pH varía, para el mes de mayo en 7, pero para el mes de julio aumenta a 8, dándonos así un pH básico, es decir que tiene una menor concentración de iones H^+ y que también la medida del pH depende de la relación suelo/agua ya que a medida que aumenta la cantidad de pH en el agua, aumenta el pH del suelo. Y para tener un pH óptimo para suelos agrícolas este debe variar entre 6,5 y 7,0, para así obtener los mejores rendimientos y una mayor productividad [19]. En este caso el pH en el punto 1 no sobrepasa los criterios de calidad, pero en el punto dos si va en aumento lo que, puede influir en la disponibilidad de los nutrientes para las plantas, presentándose así deficiencia, toxicidad o que los elementos no se encuentren en niveles adecuados [20].

En lo relacionado a la Demanda Bioquímica de Oxígeno, que refleja la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en una muestra, en el punto 1 la DBO5 tiene los siguientes datos, en el mes de mayo de 3,0 mg/L y en el mes de julio de 3,6 mg/l. En el punto 2 se tiene para el mes de mayo 4,0 mg/L y para el mes de julio 3,6 mg/L, sobrepasando el rango de criterio de calidad que es de < 2mg/L, [21]. Lo que quiere decir que, entre más contaminación, más DBO, conllevan a que la contaminación del agua será mayor.

Los fertilizantes, el estiércol y los plaguicidas son los principales contaminantes del agua, causando una degradación del recurso agua por el uso de fertilizantes y plaguicidas. Este uso de fertilizantes se da en los cultivos de arroz para que tengan un mayor rendimiento; sin embargo, a veces los agricultores no consideran si realmente el cultivo lo necesita, e incluso lo utilizan de manera excesiva, el cual puede provocar problemas de lixiviación de nitratos, eutrofización de aguas, emisiones de gases de efecto invernadero y problemas de salud [22].

El Nitrato, forma parte de los suelos y las aguas de manera natural, en la actualidad la contaminación por nitratos proviene de la agricultura y ganadería intensiva en las que el aporte de fertilizantes nitrogenados es muy importante. Los valores normales en agua de riego de Nitrato van de 5-30 mg/L. [23]. En este orden, se tiene para el punto 1 los siguientes resultados: 7,03 mg/L a 8,33 mg/L, para el punto 2, de 8,97 mg/L a 8,33 mg/L, estando dentro de los valores permitidos en agua de riego.

El fosfato, es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, si son deficientes en fósforo éstas maduran lentamente y se ve reflejado en el mal desarrollo de las raíces. Para el punto 1 del mes de mayo y julio va de 3 mg/L a 6 mg/L, pero sus valores normales para agua de riego son de 0-2, por lo que, niveles excesivos de fosfatos causan la eutrofización de masas de agua. Para el punto 2 del mes de mayo y julio van de 4 mg/L a 6 mg/L así mismo superan el valor del rango para aguas

de riego [24]. El exceso de fosfato puede infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cursos de agua. Esta sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, embalses y estanques y da lugar a una explosión de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos.

La variación de la temperatura puede afectar la calidad de las aguas de riego. El arroz para germinar necesita una óptima temperatura de entre 30 y 35 °C. En el punto 1 del mes de mayo se tiene una temperatura de 27°C y en el mes de julio de 26°C. Para el punto 2 se encuentra una temperatura en el mes de mayo 27°C y en el mes de julio de 26°C, estando así en una calidad óptima de temperatura para el riego [25].

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Para el punto 1 en el mes de mayo se tiene como dato una turbiedad de 7 NTU y en el mes de julio de 6 NTU. En el punto 2 en el mes de mayo una turbiedad de 8 NTU y en el mes de julio de 6 NTU, estando así por debajo del límite que es de no sobrepasar los 10 NTU en aguas de riego. [26]

Los Sólidos totales disueltos es la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua, siendo un buen indicador de la calidad del agua [27]. En el punto 1 los STD van de 638 mg/L a 447 mg/L, estando en un grado de restricción de Ligero-Moderado. En el punto 2 los STD van de 647 mg/L a 447 mg/L manteniéndose así en un grado de restricción de Ligero – Moderado para la calidad de agua para riego; Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua.

Los resultados del ICA-NSF en los puntos de muestreo de la cuenca baja del Río Portoviejo, se ven reflejados en las tablas 6 hasta la Tabla 9 y su resumen promedio que se encuentra en la Tabla 10, analizadas anteriormente. Estos valores se calcularon utilizando el método gráfico y el método de ecuaciones, con la obtención del subíndice i , en el mes de mayo y julio del 2022. En el punto 1 del mes de mayo y julio se tiene un valor promedio de 49,72 en el método gráfico y de 52,04 en el método de ecuaciones, teniendo un porcentaje de error del 2,33%, lo que marca una calidad de agua “MEDIA”. En el punto 2 del mes de mayo y julio se tiene un valor promedio de 48,62 en el método gráfico y de 48,25 en el método de ecuaciones, con un porcentaje de error de 0,33%, marcando una calidad de agua de “Mala”.

Para esta clasificación se puede decir que el recurso hídrico de la cuenca baja del río Portoviejo puede ser usado para el riego de cultivo, pero debido a su creciente salinidad puede usarse siempre y cuando haya un cierto grado de lavado en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas especiales de control de salinidad. El incremento de salinidad en el agua de riego influye sobre las características químicas y físicas del suelo y reduce su calidad al inhibir los procesos microbiológicos y bioquímicos, lo cual disminuye la fertilidad y el suministro de nutrientes [28].

La concentración de altos de metales pesados en este caso Cobalto y Manganeseo que superan los límites de criterio de calidad para riego tiene el potencial de causar daños fisiológicos en los cultivos agrícolas. También se tiene un exceso de concentración de fosfato, el cual es una fuente que contribuye con el desarrollo de algas y vegetación acuática lo que puede ocasionar su acumulación y obstrucción de los sistemas de riego [29].

A la luz de los resultados obtenidos, confirman que la calidad del agua en la cuenca baja del río Portoviejo puede ser utilizada para el riego del cultivo de arroz, pero de manera controlada, ya que, debido a su creciente salinidad tiende a ser perjudicial para este tipo de actividades económicas, más aún que la concentración de altos de metales pesados como es el caso del Cobalto y el Manganeseo, los mismos que, superan los límites de calidad para riego llegando a ocasionar daños

fisiológicos en los cultivos agrícolas. En este orden de ideas, estudios realizados por Quiroz *et al.* [30], demuestran que el tener un agua de mala calidad incide en elevados costos para el tratamiento del agua utilizada para consumo humano, como también a la producción agrícola en la zona. Así mismo, la investigación realizada por Quiroz *et al.*, [14], determinan que, la calidad de agua va disminuyendo a medida que el río recorre la trayectoria de su cauce, debido a la alta carga contaminante producto del vertimiento de aguas residuales y a la disminución de su capacidad de autodepuración. Sobre estas investigaciones, los resultados obtenidos concuerdan en que, la calidad de agua del río Portoviejo, presenta altos índices de contaminación que merman un agua óptima tanto para el consumo humano, como para el uso de riegos de los diferentes cultivos que realizan los agricultores en todo el recorrido del río. Finalmente, la investigación realizada por Intriago *et al.*, [31] demuestra que, la cuenca media del río Portoviejo en el punto número uno (1) del muestreo (san Ignacio), tiene un índice ICA de 69,97%, lo que le otorga una clasificación media. En el punto dos (2) del muestreo (Puerto real), el ICA arrojó 60,11%, obteniendo una tipificación media y finalmente en el punto señalado como tres (3) para la toma de muestra, se tiene que el ICA proyectó un valor de 43,26%, lo que la categoriza como mala, concluyéndose que, en los tres puntos del río Portoviejo, la calidad del agua va disminuyendo conforme avanza en el curso de su cauce, debido principalmente a los vertimientos clandestinos de aguas residuales que existen a lo largo de este afluente. Por tanto, se precisa de estrategias para el control y prevención de la contaminación del agua en la cuenca media del río Portoviejo.

Con este trabajo investigativo, los resultados obtenidos también corroboran con la merma de la calidad del agua del río Portoviejo, coincidiendo en aspectos como la escasa cobertura del sistema de alcantarillado como también la presencia de asentamientos humanos en las márgenes del río, que contribuyen a la degradación paulatina de la calidad del agua del río Portoviejo, especialmente en la cuenca baja del mismo.

4. Conclusiones

El río Portoviejo es considerado como una de las fuentes hídricas más importantes para la población del cantón de su mismo nombre, ya que sus aguas son utilizadas para el consumo humano como también para las diferentes actividades productivas como es la agricultura, ganadería, agrícola, entre otras; sin embargo, en los puntos analizados, la presencia de actividades antropogénicas como la agricultura, los desechos sólidos y líquidos que generan constantemente vertimientos de residuos agroquímicos, grasas, detergentes, residuos vegetales, excreciones de animales y humanos que desembocan en este afluente a través de escorrentías, entre otros aspectos, son los que de una u otra manera terminan contaminando al río y por ende la calidad del agua se desmejora. En este orden de ideas y en función de los resultados obtenidos de la aplicación ICA-NSF en los dos puntos de referencias en la cuenca baja del río Portoviejo, esto es, el punto 1 ubicado en la comunidad El Frutillo, y el punto 2, en el puente Higuerón de Rocafuerte, indican que, en el punto 1, la calidad de agua, es media; y, en el punto 2, es mala. Ello como consecuencia de la presencia de salinidad, niveles excesivos de fosfato y la concentración de altos metales pesados como el Cobalto y Manganeseo en el agua, debido a las descargas de aguas residuales, actividades antropogénicas, especialmente de la agricultura y de otras fuentes contaminantes como el caso de las lubricadoras y población cercana al meandro del río, que descargan directamente a este caudal sin ningún tipo de control o por lo menos de concienciación de las personas que realizan estas actividades contaminantes. La calidad de agua de la cuenca baja del río Portoviejo, especialmente para los sembríos y en este caso del arroz, no es la más adecuada, el arroz consume más agua que cualquier otro cultivo, y una de sus dificultades que se le puede encontrar es que requiere de alta extracción de agua y eso presenta un riesgo potencial de contaminación por lixiviación de productos químicos; pero hay q tener claro, que para los agricultores de esta zona es la única fuente de abastecimiento de agua para estos tipos de actividades productivas.

Referencias

1. Kim, S. U., Yang, D., y Lim, J. W., *A study on the biodegradation of aquatic life using computational and physical simulation*. Bulletin of the American Physical Society, 2015.
2. Rojas Hanco, J. P., *Determinación de la eficiencia de las bacterias nitrosomonas y nitrobacter para remover concentraciones de amonio, ion nitrito e ion nitrato en agua del río Torococha a distintos niveles de pH y temperatura*, 2018. Tesis, 2019. Universidad Peruana y Unión.
3. Erazo Yépez, L. E., *Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, cantón Mejía, provincia de Pichincha*. Tesis, 2015. Universidad San Francisco de Quito.
4. Aguirre Herrera, M. V., y Chávez Moncayo, M. A., *Susceptibilidad al deslizamiento de los suelos y rocas, provincia de Manabí, Ecuador*. Tesis de Maestría, 2009. Facultad de Ingeniería de Ciencias de la Tierra. ESPOL.
5. Langergraber, G. y Muellegger, E., *Saneamiento Ecológico-¿una forma de resolver los problemas globales de saneamiento?*. Medio Ambiente Internacional, 2005. **31** (3): p. 433-444.
6. Ministerio del Ambiente y Agua., *Gestión integral de recursos hídricos en Ecuador*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información, 2021. (E30): p. 240-252.
7. Giler, A., Zambrano, X., Chila, J., Arcentales, D., Guadamud, J., Félix, J., Caicedo, M. y Alarcón, J., *Análisis del comportamiento hidrológico de cuencas hidrográficas tropicales utilizando índices: estudio de caso en la región costa del Ecuador*. Terra. Nueva Etapa, 2019. **35** (58): p. e1.
8. Maignan, S., & Nicolalde, V., *Límites de la intensificación agropecuaria en un contexto de mercado inestable: El caso de la cuenca baja del río Portoviejo*, 2007. Mosaico Agrario. Diversidades y antagonismos socio-económicos en el campo ecuatoriano. ISBN: 978-9978-45-810-5: p. 204 – 224.
9. ONU-DAES, y Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas., *Decenio Internacional para la Acción "El Agua como Fuente de Vida" 2005-2015*, 2014.
10. Olguín, E., González, R., Sánchez, G., & Zamora, J. (2010). *Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México*. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal, 2010. **1** (2):p.178-190.
11. Torres, P., Cruz, C., & Patino, P., *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica*. Revista Ingenierías Universidades de Medellín, 2018. **8** (15): p. 79-94
12. Espinosa, T., & Rodríguez, C., *Nota técnica: Índice de calidad del agua (ICA), de los ríos Aroa y Yaracuy de los estados de Falcón y Yaracuy, en Venezuela*. Revista Ingeniería UC. Universidad de Carabobo. Estado Carabobo, Venezuela, 2016. **23** (3): p. 381-386.
13. Keiser, J., De Castro, M. C., Maltese, M. F., Bos, R., Tanner, M., Singer, B. H., & Utzinger, J., *Effect of irrigation and large dams on the burden of malaria on a global and regional scale*. The American journal of tropical medicine and hygiene, 2005. **72**(4): p. 392-406.
14. Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C., *Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador*. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2017. **38**(3): p. 41-51.
15. Francisco, g. P. J., *Evaluación de la calidad de agua para el uso en el cultivo de arroz (oryza sativa l) cantón Daule, provincia del Guayas*. Tesis Doctoral, 2020. Universidad Agraria del Ecuador
16. González García, A. E., *Caracterización de la calidad del agua de la subcuenca del río Portoviejo cantón Santa Ana*. Tesis Doctoral, 2018. Universidad Agraria del Ecuador.

17. Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., y Escobar, J. C., *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua*. Ingeniería e investigación, 2007. **27**(3): p. 172-181.
18. Rodríguez, S. B., *Análisis Multitemporal Índice Calidad Del Agua (ICA) Cuenca Río Portoviejo*. UTCiencia" Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo", 2022. **9**(1): p. 1-9.
19. Díaz, P. B., *Problemática por la contaminación del agua*. Revista de la Facultad de Medicina, 2012. **66**(1): p.7-8.
20. Waldren, R., *Manual Agronómico: Manejo de Cultivos, Suelos y Su Fertilidad*. Revista NACTA, 2004. **48** (1): p.70.
21. Vásquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Terán, R., Vásquez, I., Díaz, J. y Alcántara, J., *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. 2016. Lima, Perú: Fondo Editorial-UNALM. ISBN: 978-612-4147-55-5.
22. OCDE, P., *Perspectivas agrícolas OCDE-FAO 2015-2024*.
23. Oyarzun Arrechea, M., *Respuesta productiva de un cultivo de maíz (" Zea mays" L. Var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos*. Tesis 2010. Universidad Pública de Navarra.
24. Pérez-Díaz, J. P., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Flores-Magdaleno, H., Sánchez-Bernal, E. I., Can-Chulim, Á., & Mancilla-Villa, O. R., *Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma*. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 2019. **6**(16): p. 175-182.
25. Quintero, C. E., *Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina*. Tesis Doctoral, 2009. Universidad da Coruña.
26. Quezada Tobar, C. E., *Evaluación de la calidad del agua del estero salado del sector comprendido, entre los puentes el velero y ecológico*. Tesis Doctoral, 2019. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas.
27. Gualdrón Durán, L. E., *Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos*. Tesis Doctoral, 2016. Universidad Libre de Colombia.
28. Puñales, T. T., Aguilar, C. B., *La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan*. Revista Científica Agroecosistemas, 2016. **4**(1): p. 46-61.
29. Quispe Cruz, N. M., *Evaluación del riesgo de toxicidad a través de contaminantes en cultivos agrícolas de tallo corto en la cuenca media Quilca-Vítor-Chili, Los Tunaes Tiabaya*. Tesis, 2019. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
30. Quiroz Fernández, Luis Santiago., Ortiz Hernández Eduardo Humberto y Moreno Yépez, Ider Nexar., *Impacto socio ambiental de la calidad del agua del río Portoviejo en el período 2014-2017*. RECUS: Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad, 2018. **3**(2): p.34-36.
31. Intriago Flores, Julio Benito y Quiroz Fernández, Luis Santiago., *Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación*. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 2021. **6**(6): p.1172-1195.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Angela Mendoza Gonzalez. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6757-4290>.

Participó en el diseño de la investigación, determinación de la calidad de agua y redacción del manuscrito.

Alexandra Córdova Mosquera. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4299-4798>. Participó en el diseño de la investigación, determinación de la calidad de agua y redacción del manuscrito.