Evaluación de la idoneidad de la calidad del agua potable utilizando el índice de calidad en el distrito de subtanjalla, Perú

Assessment of the suitability of the quality of drinking water using the quality index in the district of subtanjalla, Peru

DOI: 10.46932/sfjdv3n1-027

Received in: Dec 30st, 2021

Accepted in: Jan 1th, 2022

Misael Aquiles Bendezú Bendezú

Magister

Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica

Av. Los Maestros S/N – Ica, Perú

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú

E-mail: aquiles.bendezu@unica.edu.pe

Cynthia Victoria Bendezú Hernández

Higher academic background

Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica

Av. Los Maestros S/N – Ica, Perú

Facultad de Ingeniería Química y Petroquímica, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú.

Facultad de Ciencias, Posgrado del Dpto. de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

E-mail: cynthia.bendezu@unica.edu.pe

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental la determinación del efecto de los parámetros fisicoquímicos sobre la calidad del agua potable del distrito de Subtanjalla, Ica; con el fin de conocer si es aceptable para consumo de los pobladores del dicho distrito, se consideró once parámetros fisicoquímicos (parámetros organolépticos: turbiedad, pH, conductividad, STD, sulfato, dureza total, Al, Fe, Zn, y los inorgánicos: nitrato y nitrito) en un periodo de cuatro meses (junio-setiembre 2021), se realizó la comparación con los LMPs del agua aprobados en el D.S.031-2010-S.A. En la determinación del ICA-PE, se analizaron los parámetros elegidos, no cumplieron con la normatividad el sulfato y la dureza total en ninguno de los puntos en todo el periodo elegido, asimismo el nitrito no cumplió en ninguno de los meses en los puntos P0 y P4 y también en los puntos P1, P2, P3 en los meses de junio y julio. En el cálculo del ICA del agua se utilizó el método del Consejo de Ministros del Ambiente de Canadá (CCMEWQI), se observa que la calidad del agua es de calidad favorable (ICA-PE: 77.6-79.46), lo cual nos indica que el agua para consumo humano se tiene que tratar con la finalidad de disminuir la cantidad de los tres parámetros (sulfato, dureza total y nitrito) de esa manera proteger la salud de los pobladores del distrito.

Palabras clave: Agua Potable, Parámetros Fisicoquímicos, Índice de Calidad, Límites Máximos Permisibles.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to determine the effect of the physicochemical parameters on the quality of drinking water in the district of Subtanjalla, Ica; In order to know if it is acceptable for

consumption by the residents of said district, eleven physicochemical parameters were considered (organoleptic parameters: turbidity, pH, conductivity, STD, sulfate, total hardness, Al, Fe, Zn, and inorganic: nitrate and nitrite) in a period of four months (June-September 2021), a comparison was made with the LMPs of water approved in the DS031-2010-SA. In the determination of the ICA-PE, the chosen parameters were analyzed, the sulfate and the total hardness did not comply with the regulations in any of the points in the entire chosen period, also the nitrite did not comply in any of the months at points P 0 and P 4 and also at points P11 , P22 , P33 in the months of June and July. To calculate the water quality index, the method of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME WQI), it is observed that the quality of the water is of favorable quality (ICA-PE: 77.6-79.46), which indicates that the water for human consumption has to be treated in order to reduce the quantity of the three parameters (sulfate, total hardness and nitrite) in this way protect the health of the residents of the district.

Keywords: Drinking Water, Physicochemical Parameters, Quality Index, Maximum Permissible Limits.

1 INTRODUCCIÓN

El agua se considera un requisito principal para el crecimiento poblacional e industrial mundial; en las últimas décadas el incremento de la población e industrialización, aumenta la demanda del agua dulce. Demanda que la satisfacen las aguas superficiales de los ríos y las aguas subterráneas, proporcionando agua para la vida humana, la industria y la agricultura.

Mundialmente los usuarios del agua necesitan disponer de una buena calidad del líquido vital diariamente, pues sus necesidades esenciales son parte de los derechos humanos reconocidos a través de la resolución 64/292 por la ONU en el 2010 como parte del derecho a una vida aceptable (ONU, 2014).

En el siglo XXI uno de los desafíos fundamentales que enfrenta la sociedad es la calidad del agua, amenazando la salud humana, limitando la producción de alimentos, reduciendo las funciones del ecosistema y obstaculizando el crecimiento económico (Grupta, 1995)

La contaminación se debe principalmente a las actividades antropogénicas, junto con un tratamiento inadecuado de las aguas residuales (Genevieve, 2006). La presencia de contaminantes en el agua produce efectos adversos para la salud y otros animales (Kolpin, 2002). (DWAF, 1996b), encontró que la biología y la fisiología de la fauna acuática dependen principalmente de la calidad del agua del hábitat. La contaminación microbiana es uno de los principales problemas asociados con la calidad del agua, particularmente en los países en desarrollo (Programa GEMS / Agua del PNUMA, 2006). La OMS informó que el agua contaminada causa enfermedades en millones de personas, anualmente (OMS, 2004).

La evaluación de la calidad del agua potable del distrito de Subtanjalla utilizando varios parámetros fisicoquímicos (parámetros de calidad organoléptica y parámetros inorgánicos) y las diferentes formas y técnicas para proteger el agua de consumo humano. Para la determinación de la calidad del agua potable un enfoque es el índice de calidad del agua, considerado un método eficaz y útil. Este método da una idea clara sobre la calidad general del agua a los responsables de la formulación de

políticas (Asadi, 2007). El índice de la calidad del agua incorpora los diversos parámetros físicos, químicos y biológicos para la determinación de los índices de calidad del agua por medio de una serie de ecuaciones matemáticas (Yogendra, 2008). El uso de un WQI fue propuesto inicialmente por (Horton, 1965) y (Brown, 1970). Desde entonces se han desarrollado muchos métodos diferentes para el cálculo del WQI. El procedimiento para calcular el WQI fue diferente propuesto por el científico (Zagatto, 1998), (Stambuk-Giljanovic, 1999). En todo el mundo los diversos índices de calidad del agua que se utilizan son: el ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento de los EE. UU. (NSFWQI), el ICA del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCMEWQI), el ICA de la Columbia Británica (BCWQI), el ICA de Oregon (OWQI), Índice aritmético ponderado de la calidad del agua (WAWQI) (Abbasi, 2002) (Kannel, 2007) (Lumb, 2006) (Sharifi, 1990)). En el mundo muchos países para evaluar la calidad de los cuerpos de agua utilizan estos criterios, como Estados Unidos (Canter, 1996), Reino Unido (House, 1989), Canadá (CCMC (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente), 2001), India (Tiwari, 1985), Argentina (Almeida, 2012), Brasil (Coletti, 2010), España (Sánchez, 2007). En el Perú, la calidad del agua se evalúa por medio de hacer la comparación de los resultados de una serie de parámetros fisicoquímicos y biológicos con los valores de la normatividad vigente ECAs o LMP, por lo cual se determina el cumplimiento o incumplimiento, se precisa los parámetros críticos con su respectiva concentración. Un instrumento principal para gestionar la calidad del agua son los ICAs, porque permiten emitir información de forma sencilla acerca de la calidad del agua a los usuarios, autoridades que tiene la competencia y a la población en general, reconoce y relaciona las condiciones de la calidad del agua, tendencias posible y tiempo, además se valoriza la calidad del agua en escala de 0 a 100 (0 es mala calidad y 100 excelente calidad). Los índices más utilizados es el que propone el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCMEWQI), el cual plantea evaluar de forma más amplia la calidad del agua en un periodo determinado teniendo en cuenta el número de parámetros que superan un estándar de referencia, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de separación (CCMC (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente), 2001)

En la provincia de Ica en el distrito de Subtanjalla se considera determinar los parámetros fisicoquímicos del agua potable que consume la población de dicho distrito, motivo por el cual la presente investigación permite conocer el efecto de los parámetros fisicoquímicos sobre la calidad del agua potable, con la finalidad de informar a los usuarios, autoridades encargadas y la población en general, proteger la salud y proponer implementar técnicas de tratamiento que sirvan para mejorar la calidad.

Los objetivos de la presente investigación son: Determinar el efecto de los parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua potable mediante el método CCMEWQI. Así también, contribuir a la identificación y caracterización de tecnologías de fácil implementación en regiones rurales de escaso desarrollo socioeconómico

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La planificación experimental de la investigación se desarrolló en 2 etapas:

1. **Parámetros Fisicoquímicos:** En esta etapa el objetivo principal es la caracterización espacio-temporal del agua potable, para ello se realizará el plan de monitoreo, Análisis en laboratorio e interpretación de los resultados.
2. **Índice de Calidad del Agua:** La etapa siguiente es el cálculo de los índices de calidad para cada punto monitoreado, para posteriormente obtener un consolidado.

Parámetros Fisicoquímicos

2.1 MÉTODO POTENCIOMÉTRICO

Se utiliza un pH-metro con electrodos para medir el potencial de hidrógeno de la muestra

2.2 MÉTODO NEFELOMÉTRICO

De la Norma SMEWW, 2130 B; 21st. ED.2005 y la Norma Técnica peruana (NTP) 214.006-1999. Método basado en comparar la intensidad de la luz que es dispersada por la muestra en ciertas condiciones y la dispersada por la solución patrón referencial. Se utiliza el Turbidímetro para medir.

2.3 MÉTODO CONDUCTIMÉTRICO

Método basado en medir la capacidad de conducir corriente eléctrica de una solución por medio de sus iones. Utilizado para medir la conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$, los sólidos totales disueltos en ppm o mg/L y el % de cloruro de sodio. El equipo utilizado es el conductímetro.

2.4 MÉTODO COLORIMÉTRICO

Método basado en colorear la muestra con su respectivo reactivo de acuerdo al parámetro fisicoquímico que se va a medir, es propio del equipo. Se mide los parámetros fisicoquímicos como: NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Al, Cu, Fe, etc.

Índice de Calidad del Agua

2.4 METODOLOGÍA DEL CCME_{WQI}

Se determina el índice de calidad aplicando la fórmula del Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME), utilizando tres factores (F_1 : alcance, F_2 : frecuencia y F_3 : amplitud), resultando cálculo matemático único de 0-100 que representa la calidad del agua en un punto de monitoreo.

$$F_1 = \frac{N^{\circ} \text{ de parámetros que no cumplen los LMP}}{N^{\circ} \text{ total de parámetros a evaluar}}$$

$$F_2 = \frac{N^{\circ} \text{ de parámetros que no cumplen los LMP de los datos evaluados}}{N^{\circ} \text{ total de datos evaluados}}$$

$$F_3 = \left(\frac{\text{suma normalizada de excedentes}}{\text{suma normalizada de excedentes} + 1} \right) * 100\%$$

La suma normalizada de excedentes (nse) se calcula:

$$\text{nse} = \frac{\sum \text{excedente}_i}{\text{total de datos}}$$

El excedente se obtiene por parámetro:

$$\text{excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple el LMP}}{\text{Valor establecido del parámetro en el LMP}} \right) - 1$$

Después de obtener los valores de cada uno de los factores, enseguida se procede a calcular el índice de calidad del agua:

$$\text{CCME WQI} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}{3}} \right)$$

El resultado obtenido del ICA-PE comprende de 0-100 el cual establece:

Tabla 1. Tabla de interpretación del índice de calidad de agua

ICA	95-100	80-94	65-79	45-64	0-44
Calificación	Excelente	buena	favorable	regular	mala

3 RESULTADOS E DISCUSIÓN

Parámetros Fisicoquímicos de agua

a) Variación de los Parámetros Fisicoquímicos Entre Puntos de Monitoreo del agua potable del distrito de Subtanjalla. (Periodo junio-setiembre 2021)

Figura 1. Valores de la temperatura en los cinco puntos de monitoreo

Figura 2. Valores del pH en los cinco puntos de monitoreo

Figura 3. Valores de la conductividad en los cinco puntos de monitoreo

Figura 4. Valores de los STD en los cinco puntos de monitoreo

Figura 5. Valores de Turbidez en los cinco puntos de monitoreo

Figura 6. Valores del sulfato en los cinco puntos de monitoreo

Figura 7. Valores de la dureza total en los cinco puntos de monitoreo

Figura 8. Valores de aluminio en los cinco puntos de monitoreo

Figura 9. Valores de zinc en los cinco puntos de monitoreo

Figura 10. Valores de nitrato en los cinco puntos de monitoreo

Figura 11. Valores de nitrito en los cinco puntos de monitoreo

En las figuras 6 y 7 se observa los resultados en los meses de Junio -setiembre del 2021 el sulfato y la dureza no cumplen con el D.S. 031-2010-S.A. en ninguno de los puntos de monitoreo elegidos; en la figura 11 se observa que el nitrito no cumple en el punto P0 y P4 en ninguno de los meses, de igual manera en los puntos P1, P2 y P3 no cumple con la normativa en los meses de junio y julio. Todos los demás parámetros evaluados si cumplen con la normatividad vigente.

El consolidado de los parámetros fisicoquímicos se muestran en la [Tabla 2](#) y [Tabla 3](#) denota una incremento del parámetro de sulfato y dureza total que en comparación con la normatividad peruana se encuentra fuera de los parámetros según D.S. 31-2010-S.A.

Índice de Calidad del Agua

El consolidado de los cálculos del índice de calidad del agua se muestra en la [Tabla 4](#) y [Tabla 5](#)

Tabla 2. Resultados de las muestras fisicoquímicas de los puntos (Po, P₁ y P₂) del agua potable de Subtanjalla (Junio-setiembre 2021)

Puntos de Monitoreo				P0				P1				P2			
Parámetros a evaluar CCME _{WQI}		Unid.	D.S. 31- 2010-S.A. LMP	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Parámetros Organolépticos	Turbiedad	UNT	5	0.01	0.01	0.013	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08	0.01	0.26	0.16	0.28
	pH		6.5-8.5	7.388	7.654	7.728	7.514	7.935	7.668	7.989	7.829	7.695	7.746	7.816	7.408
	Conductividad	µS/cm	1500	1027	703.7	1046	727.4	362.4	703.4	508.6	702.4	712.1	586.6	635.4	601.1
	STD	mg/L	1000	370.8	353.2	360.6	363.7	180.7	351.6	353.4	351.1	355.9	293.1	307.6	300.7
	Sulfato	mg/L	250	312	316	325	318	252	317	318.3	317	260	327	336.7	321
	Dureza total	mg/L	500	508	520	522	523	503	510	514	512	510	512	510	516
	Hierro	mg/L	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aluminio	mg/L	0.2	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.01	0.019	0.03	0.01	0.01	0.017	0.01
Parámetros Inorgánicos	Zinc	mg/L	3	2.1	2.22	2.3	0.53	2.08	2	2.19	0.42	2.1	1.3	1.41	0.62
	Nitrato	mg/L	50	0.7	2.4	2.2	1	0.2	1.8	2.19	0.5	0.5	2.9	1.41	0.1
	Nitrito	mg/L	3	3.1	3.2	3.4	3.3	3.1	3.2	2.2	2.8	3.1	3.8	2.7	2.9
	Datos		Número de parámetros que no cumplen	3				3				3			
Número total de parámetros a evaluar			11				11				11				
Número de datos que no cumplen el LMP			12				10				10				
Número total de datos			44				44				44				
Factores	F1		0.273				0.273				0.273				
	F2		0.273				0.227				0.227				
	F3		3.675				2.313				3.03				

Tabla 3. Resultados de las muestras fisicoquímicas de los puntos (P₃ y P₄) del agua potable de Subtanjalla

Puntos de Monitoreo				P ₃				P ₄			
Parámetros a evaluar CCME _{WQI}		Unid.	D.S. 31-2010- S.A. LMP	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Parámetros Organolépti- cos	Turbiedad	UNT	5	0.12	0.01	0.014	0.02	0.03	0.19	0.05	0.21
	pH		6.5-8.5	7.404	7.642	7.606	7.68	7.798	7.578	7.99	7.465
	Conductividad	μS/cm	1500	660.4	724.7	698.9	747	384.9	696.4	710.3	591.6
	STD	mg/L	1000	329.9	362.2	361.4	373.5	192.5	348.2	357.6	296
	Sulfato	mg/L	250	262	315	319.6	318	325	326	320.3	328
	Dureza total	mg/L	500	510	518	520	517	526	520	523	525
	Hierro	mg/L	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aluminio	mg/L	0.2	0.03	0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.026	0.01
	Zinc	mg/L	3	2.4	2.52	2.44	0.95	2.1	2	2.27	0.81
Parámetros Inorgánicos	Nitrato	mg/L	50	0.6	1.7	2.41	2	1.1	2.3	2.16	1.1
	Nitrito	mg/L	3	3.1	3.1	2.9	2.6	3.2	3.1	3.3	3.4
Datos		Número de parámetros que no cumplen		3				3			
		Número total de parámetros a evaluar		11				11			
		Número de datos que no cumplen el LMP		10				12			
		Número total de datos		44				44			
Factores		F1		0.273				0.273			
		F2		0.227				0.273			
		F3		2.4				3.783			

Tabla 4. Cálculo de excedentes de cada parámetro, F3 y el ICA-PE en los puntos (P₀, P₁ y P₂)

Puntos de Monitoreo				P ₀				P ₁				P ₂			
Parámetros a evaluar CCME _{WQI}		Unid.	D.S. 31-2010-S.A. LMP	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Parámetros Organolépticos	Turbiedad	UNT	5												
	pH		6.5-8.5												
	Conductividad	μS/cm	1500												
	STD	mg/L	1000												
	Sulfato	mg/L	250	0.248	0.264	0.3	0.272	0.008	0.268	0.273	0.268	0.04	0.308	0.347	0.284
	Dureza total	mg/L	500	0.016	0.04	0.044	0.046	0.06	0.02	0.028	0.024	0.02	0.024	0.02	0.032
	Hierro	mg/L	0.3												
	Aluminio	mg/L	0.2												
	Zinc	mg/L	3												
Parámetros Inorgánicos	Nitrato	mg/L	50												
	Nitrito	mg/L	3	0.033	0.06	0.133	0.1	0.033	0.06			0.033	0.267		
		sumatoria de los excedentes		0.0354				0.0237				0.0313			
		F3		3.416				2.313				3.03			
		ICA-PE		77.62				79.46				79.43			
				FAVORABLE				FAVORABLE				FAVORABLE			

Tabla 5. Cálculo de excedentes de cada parámetro, F3 y el ICA-PE en los puntos (P₃ y P₄)

Tabla 3: Cálculo de excedentes de cada parámetro, F3 y el ICA-PE en los puntos (P3 y P4)											
Puntos de Monitoreo				P ₃				P ₄			
Parámetros a evaluar CCME _{WQI}		Unid.	D.S. 31- 2010-S.A. LMP	Junio	Julio	Agosto	Setiemb re	Junio	Julio	Agosto	Setiemb re
Parámet ros Organo- lépticos	Turbiedad	UNT	5								
	pH		6.5-8.5								
	Conductividad	μS/cm	1500								
	STD	mg/L	1000								
	Sulfato	mg/L	250	0.048	0.26	0.278	0.272	0.3	0.304	0.281	0.312
	Dureza total	mg/L	500	0.02	0.036	0.04	0.034	0.05	0.052	0.046	0.05
	Hierro	mg/L	0.3								
	Aluminio	mg/L	0.2								
	Zinc	mg/L	3								
Parámetr os Inorgánic os	Nitrato	mg/L	50								
	Nitrito	mg/L	3	0.033	0.033			0.03	0.067	0.1	0.133
		sumatoria de los excedentes		0.024				0.0393			
		F3		2.4				3.783			
		ICA-PE		79.45				77.6			
				FAVORABLE				FAVORABLE			

4 CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos elegidos para la investigación son once (parámetros organolépticos: turbiedad, pH, conductividad, STD, sulfato, dureza total, hierro, aluminio y zinc; y los inorgánicos: nitrato y nitrito) en el periodo de junio-setiembre del año 2021.

Los parámetros como el sulfato y la dureza no cumplen con el D.S.031-2010-S.A. en los cinco puntos monitoreados en el periodo elegido, además el nitrito no cumple en ninguno de los meses del periodo elegido en los puntos P0 y P4 y en los puntos P1, P2 y P3 en los meses de junio y julio también no cumple

El ICA-PE obtenido en los cinco puntos monitoreados, indica que la calidad del agua es favorable, para consumo humano, por tal motivo es necesario realizar tratamiento con el fin de controlar y disminuir la concentración de los tres parámetros (sulfato, dureza total y nitrito) y de esa manera proteger la salud de los pobladores.

Los parámetros se pueden tratar con una filtración puede ser con filtro de lecho y cama, filtro prensa de placas y marcos, filtración con membranas de acuerdo a la disposición económica, y a la evaluación de cada uno de los métodos utilizados.

REFERENCIAS

- Abbasi, S. (2002). Índices de calidad del agua, Informe de estado del arte. Contribución científica No. INCOH / SAR-25/2002. INCOH, Instituto Nacional de Hidrología , Roorkee.
- Almeida, C. G. (2012). Un índice de calidad del agua recreativa utilizando parámetros químicos, físicos y microbiológicos. *Reinar. Sci. Pollut. Res.* En t. , 19 (8).
- ANA. (2016). Priorizacion de las Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos.
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>.
- ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). Métodos Normalizados para el Análisis de aguas potables y residuales. Madrid- España.
- Asadi, S. V. (2007). Técnicas de teledetección y SIG para la evaluación de la calidad del agua subterránea en la corporación municipal de Hyderabad (Zona-V), India. India: En t. J. Environ. Res. Salud pública , 4 (1).
- Avila, P. (2003). Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI. (.
- Brown, R. M. (1970). Un índice de calidad del agua: ¿nos atrevemos? *Water Sewage Works* , 117 (10).
- Canter, L. (1996). Environmental impact assessment. New York.: McGraw Hill.
- CCMC (Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente). (2001). CCME Water Quality Index 1.0 Informe técnico y manual del usuario. Directrices canadienses de calidad ambiental. Gatineau: Subcomité Técnico.
- Chatanga, P. N. (Marzo de 2019). *Análisis de la situación de la calidad fisicoquímica, bioquímica y microbiológica del agua a lo largo del río Mohokare, Lesotho*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428518300876>
- Coletti, C. T. (2010). Índice de calidad del agua mediante análisis factorial multivariado. *Rev. Bras. Ing. Agric. Ambiente.* , 14 (5).
- Davie, T. (2003). *Fundamentals of Hydrology*. Londres, Nueva York: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Dirección General de Salud Ambiental DIGESA. (2010). *Evaluación de los resultados de los monitoreos realizados a los Recursos Hídricos en la cuenca del río Rímac, en el marco del Convenio N° 002-2009/MINSA, correspondiente al periodo de agosto a diciembre de*. Lima: Informe de un grupo de científicos de DIGESA. Lima. INFORME N° 001860-2010/DEPA-APRHI/DIGESA.
- Docplayer. (2016). *Crespo padilla*. Obtenido de Agua Subterránea: El Recurso Oculto 1: <https://docplayer.es/14049321-Agua-subterranea-el-recurso-oculto-1.html>

Escobar, S., Sánchez, L., Nájera, H., Rojas, M., & Gutiérrez, J. (2014). *Destrucción de Huevos de Helminto Mediante Procesos no convencionales*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/265049805_DestrucCion_de_huevos_de_helminto_Mediante_procesos_no_convencionales.

Goytizolo, L. (21 de Mayo de 2015). *slideshare*. Obtenido de Diseño de un modelo estructural con etabs: <https://es.slideshare.net/goytizolomartin/diseo-de-un-modelo-estructural-con-etabs-1>

Grupta, M. (1995). Environmental Management ant its Impact on the Operations Function. *International Journal of Operations and Production Management*, vol,15.

Grupta, N. P. (Abril de 2017). *Efecto de los parámetros físicoquímicos y biológicos sobre la calidad del agua del río de Narmada, Madhya Pradesh, India*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110492916300182#bib0335>

Hornsby, A. (2012). ‘Historia sobre el agua subterránea sus inicios’. Florida EE.UU.: Universidad de Florida.

Horton, R. (1965). index-number system for rating water. *Water Pollut*, 307: 300-306.

House, M. (1989). *A Water Quality Index for River Management*.

IGME. (2012). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Madrid España: IGME.

Kannel, P. L. (2007). *Aplicación de índices de calidad del agua y oxígeno disuelto como indicadores para la clasificación del agua de los ríos y la evaluación del impacto urbano*.

Lumb, A. H. (2006). *Aplicación del índice de calidad del agua CCME para monitorear la calidad del agua: un caso de la cuenca del río Mackenzie, Canadá*.

Minaya, R. (2016). Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente - vaciante. Iquitos. Perú. *Repositorio UNAP*, 4690.

Ministerio de salud (MINSA). Dirección General de Salud Ambiental. “DIGESA”. (2007). Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima Perú.

Nyamangara , J., Jeke, N., & Rurinda, J. (2013). Agua de río de carga de nitratos y fosfatos a largo plazo en la cuenca de captación del Alto Manyame, Zimbabwe. *Water SA*, 39 (5), 637-642.

OMS. (2004). Programa de saneamiento y salud del agua. Gestión del agua en el hogar: beneficios de salud acelerados a partir de fuentes de aguas mejoradas.

ONU. (07 de Febrero de 2014). *UN WATER*. Obtenido de https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml

Organizacion Panamericana de la Salud . (1987). *Guías para la calidad del agua potable., criterios relativos a la salud y otra información base*. Washington D.C: publicación científica N° 506. Volumen 2.

Programa GEMS / Agua del PNUMA. (2006). Calidad del agua para el ecosistema y la salud humana. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Sistema de Monitoreo del Medio Ambiente Mundial (SIMUVIMA) / Programa de Agua.

PUCP. (2012). “Estudio Analítico de Nitratos en Aguas Subterráneas en el Distrito San Pedro de Lloc”.

Sabreen L. Kareem, W. S.-M.-h.-M. (2021). Water quality assessment and phosphorus effect using water quality indices Euphrates River- Iraq as a case study. Groundwater for Sustainable Development, Volume 14, 100630.

Salgado, A. (4 de Agosto de 2013). 08 1008 q. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/ajotasal/08-1008-q>

Sánchez, E. C. (2007). Uso del índice de calidad del agua y el déficit de oxígeno disuelto como simples indicadores de contaminación de las cuencas hidrográficas. Ecol. Indic. , 7 (2).

Sharaf, S. (2020). Capítulo 7: textil conductor inteligente. *Advances in Functional and Protective Textiles*, 141-167.

Sharifi, M. (1990). *Evaluación de la calidad del agua superficial mediante un sistema de índices en la cuenca de Anzali*.

Stambuk-Giljanovic, N. (16 de noviembre de 1999). *Evaluación de la calidad del agua por índice en Dalmacia*.

Tiwari, T. M. (1985). Asignación preliminar del índice de calidad del agua de los principales ríos de la India. Indian J. Environ. Prot. , 5 (4) .

Yogendra, K. P. (2008). Determinación del índice de calidad del agua e idoneidad de un cuerpo de agua urbano en la ciudad de Shimoga, Karnataka. Karnataka: Actas de Taal2007: The 12th World Lake Conference , Jaipur, Rajasthan, India.

Zagatto, P. L. (1998). *Propuesta de un nuevo índice de calidad del agua*.