



Article scientific

Evaluation of drinking water quality based on physicochemical and bacteriological indicators in the town of Tingo María

 Jorge Alejandro Suarez Vásquez ^a

^a Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú 

ITEM INFORMATION

Published: 2024-06-20
Accepted: 2024-06-12
Received: 2024-02-28

Keywords:

Water quality
Degree of satisfaction
Users
Drinking water
Service provider
Water quality index
Environmental quality standards
Maximum permissible limits

ABSTRACT

Water is the element that is quantitative and necessary for survival, its condition is a protective element of the ecosystem and of people, which determines its final use. Water is considered a renewable element because it is continuously renewed during the hydrological cycle, but this does not mean that it is inexhaustible. However, as the population grows, there is a lack of drinking water, water supply services and basic sanitation systems. The water quality index (ICA-PE) is a mathematical tool that integrates information from various parameters, allowing the transformation of large amounts of data into a single scale of water quality measurement. In the present investigation, the Drinking Water Quality Index was determined from heavy metal, microbiological and physicochemical indicators in the town of Tingo Maria, using the ICA-PE methodology (R. J N°068-2018-ANA); physicochemical parameters (calcium, magnesium, potassium, sodium, cadmium, lead, copper, iron, zinc and manganese), microbiological (thermotolerant and total coliforms, salmonella sp., heterotrophic bacteria, molds and yeasts) were evaluated for: monitoring period (within 4 months: July 08, August 05, September 09 and October 07). The physicochemical parameters were found to be within the Water Quality Standards (with subcategory A2), except for total phosphorus and the microbiological parameter evaluated for the presence of *E. vibrio cholerae* at the points evaluated. With the data obtained, the ICA-PE was calculated indicating a "Good" quality in both districts: Rupa Rupa and Castillo Grande.

Evaluación de la calidad del agua potable a partir de indicadores fisicoquímicos y bacteriológicos en la localidad de Tingo María

RESUMEN

Palabras clave:

Calidad del agua
Grado de satisfacción
Usuarios
Agua potable
Empresa prestadora de servicio
Índice de calidad del agua
Estándares de calidad ambiental
Límites máximo permisibles

El agua es el elemento cuantioso y necesario para la supervivencia, su condición es un elemento protector del ecosistema y de las personas, lo que determina su uso final. El agua es considerada un elemento renovable porque se renueva continuamente durante el ciclo hidrológico, pero esto no significa que sea inagotable. Sin embargo, a medida que crece la población, hay carencia de agua potable, servicios de abastecimiento de agua y sistemas básico de saneamiento. El índice de calidad de agua (ICA-PE), es una herramienta matemática que integra información de varios parámetros, permitiendo transformar grandes cantidades de datos en una escala única de medición de calidad del agua. En la presente investigación se determinó el Índice de calidad del agua potable a partir de indicadores metales pesados, microbiológicos y fisicoquímicos en la localidad de Tingo María, mediante la metodología del ICA-PE (R.J N°068-2018-ANA); los parámetros fisicoquímicos (calcio, magnesio, potasio, sodio, cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso), microbiológicos (coliformes termotolerantes y totales, salmonella sp., bacteria heterotrófica, mohos y levaduras) fueron evaluados por: periodo de monitoreo (dentro de 4 meses: 08 de julio, 05 de agosto, 09 setiembre y 07 de octubre). Obteniendo que los parámetros fisicoquímicos se encontraban dentro de lo establecido en los Estándares de Calidad del Agua (con subcategoría A2), excepto el fósforo total y en el parámetro microbiológico evaluado existe presencia de *E. vibrio cholerae* en los puntos evaluados. Con los datos obtenidos se calculó el ICA-PE indicando una calidad "Buena" en ambos distritos: Rupa Rupa y Castillo Grande.



 <https://doi.org/10.47422/GreenHorizon.v3i1.27>



INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento cuantioso y necesario para la supervivencia, su condición es un elemento protector del ecosistema y de las personas, lo que determina su uso final. El agua es considerada un elemento renovable porque se renueva continuamente durante el ciclo hidrológico, pero esto no significa que sea inagotable. El consumo de este elemento se ha incrementado de manera alarmante y sus fuentes de captación están constantemente amenazadas por desechos generados por la actividad antropogénica, por lo que es necesario utilizar adecuadamente este elemento y monitorearlo constantemente para conocer su calidad. Por lo usual, la calidad del agua generalmente se determina comprando las características físicas, químicas, microbiológicas y de metales pesados de las pruebas del agua con las normas de calidad del agua. En América latina el Perú es considerado por tener abundante recurso y una de ella es el agua dulce e incluso a nivel mundial. Sin embargo, a medida que crece la población, hay carencia de agua potable, servicios de abastecimiento de agua y sistemas básico de saneamiento (OMS, 2006).

La Ley General de Salud, en el art. 150, es deber de las autoridades de la salud, capacitar y decidir en qué momento se reducirá y eliminar los elementos, factores y riesgo a la salud humana causados por factores ambientales. En este caso, se aplican las leyes y reglamento de agua potable y se implementan evaluaciones estrictas para garantizar que las personas beban agua limpia y saludable para proteger la salud de la población. La presente Norma generalmente está respaldado por el nivel de toxicidad aceptable para los humanos.

Cuando dialogamos de agua potable, podemos decir que ha pasado por un tratamiento, hallándose en excelentes condiciones para ser ingerida por el hombre. Actualmente la empresa Seda Huánuco SA - Sucursal Leoncio Prado, solo realiza el proceso de cloración o desinfección que es la fase donde se suministra cloro líquido a fin de eliminar todo tipo de microorganismos patógenos existentes en el agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Ejecución

El estudio se realizó en los distritos de Rupa Rupa y Castillo Grande debido a que la EPS Seda Huánuco SA – Sucursal Leoncio Prado abastece a estos dos distritos, los distritos pertenecen a la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

Materiales, equipos y medio de cultivo

Se necesitó botellas de 500 mL, una nevera portátil, vasos precipitados, agua destilada, asa de siembra, piceta, probeta de 100 mL, placa Petri, plumón indeleble, cuaderno de apuntes, guardapolvo, ansa micológica, mascarilla, guantes latex descartables, gradilla. Kit Nitrato Hanna, Medidor TDS digital, Multiparámetro – HANNA, Pocket Chlorine II HACH, kit nitrato Hanna, termómetro digital, 2100P turbidimeter HACH, kit dureza Hanna, peachimetro HANNA - HI98128, kit de amonio Hanna, GPS Garmin MAP62s, oxímetro LAMOTTE - DO6PLUS, kit de fosfatos Hanna, Cámara fotografía (Sony), refrigeradora, baño maría, olla autoclave. Agar plate count, Caldo E. coli, caldo peptonado, agar salmonella, caldo lactozado, caldo brilla, agar saboraud, agar Agar, agar TCBS, caldo selenita cistina, caldo tetratationato, caldo nutritivo con NaCl y ceftriaxona.

Metodología

Puntos de muestreo

Tabla 1

Coordenadas UTM de los puntos de muestreo

Distrito	Zonas	Puntos	Dirección	18L	UTM	Altitud m. s. n. m	Hora de Muestra
Rupa Rupa	Planta	P1	Faja marginal del rio Huallaga	389428	897150	-	9 am a 2 pm
	Agua	P2	Planta caisson	389529	897164	-	9 am a 2 pm
		P3	Jr. 28 de marzo # 259	390208	8971104	660	9 am a 2 pm
	Zona	P4	Jr. Surquillo # 159	389753	8971504	654	9 am a 2 pm
	Sur	P5	Jr. Elías mabama # 112	389750	8971058	646	9 am a 2 pm
		P6	Jr. Salaverri B Lt 02	389927	8970815	639	9 am a 2 pm
		P7	Kiko sofia Mz A Lt 07	390309	8973090	637	9 am a 2 pm
	Zona	P8	Jr. Aguaytia # 626	390679	8972379	649	9 am a 2 pm
	Urbana	P9	Jr. Tocache # 186	390238	8971487	650	9 am a 2 pm
		P10	Jr. Cayumba # 257	389813	8971781	655	9 am a 2 pm
Castillo Grande	Castillo Grande	P11	Jr. Miguel Grau / Picuruyacu	388640	8973095	645	9 am a 2 pm

P12	Jr. Francisco Bolognesi / Av. Unión	389157	8973361	643	9 am a 2 pm
P13	Jr. Jose Carlos Mariátegui / Psj. Tingo María	389285	8974289	645	9 am a 2 pm
P14	Los Laureles	389473	8971879	657	9 am a 2 pm

Evaluación de los parámetros químicos: metales pesados

Tabla 2

Método para la determinación de los metales pesados en el agua potable

Parámetro	Unidad	Ecuación
Calcio	mg/L	Espectrofotómetro de absorción atómica marca VARIAN – modelo SPECTR AA 55B
Magnesio		
Potasio		
Sodio		
Cadmio		
Cobre		
Hierro		
Manganeso		
Plomo		
Zinc		

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos

Tabla 3

Método para la determinación de los parámetros fisicoquímicos del agua potable

Parámetro	Unidad	Ecuación
Conductividad	µS/cm	HANNAN modelo HI98131
DBO ₅	mg/L	La Motte modelo DO 6 PLUS
OD	mg/L	La Motte modelo DO 6 PLUS
pH	Unidades	HANNAN modelo HI 98128
STD	mg/L	HANNAN modelo HI98131
Temperatura	°C	Termómetro digital sin marca
Cloro	mg/L	Pocket Chlorine II HACH
Nitratos	mg/L	HANNAN modelo HI3874
Nitritos	mg/L	HANNAN modelo HI3873
Amoníaco	mg/L	HANNAN modelo HI3824
Fosfato	mg/L	HANNAN modelo HI3833 Fc = 0.32614
Dureza	mg/L	HANNAN modelo HI3812
Turbiedad	UNT	2100P turbidimeter HACH

Evaluación de los parámetros microbiológicos

Coliformes totales, coliformes termo tolerantes, Salmonella sp., Vibrio choleare, Mohos y levaduras, y Bacterias heterotróficas, a través del protocolo de microbiología ambiental (López, 2012).

Determinación del índice de calidad ambiental del agua (ICA)

Para la determinación del ICA, se aplicó la metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA – PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales del ANA (2018).

Alcance – F1

Refleja el número de parámetros que no cumplen con la norma, el ECAs del agua, en relación con el total de los parámetros evaluados.

$$F1 = \frac{\text{Parámetros que no cumplen}}{\text{Número Total de parámetros evaluados}}$$

Frecuencia – F2

Simboliza el número de datos que no cumplen con la norma, en relación con número total de parámetros evaluados.

$$F2 = \frac{\text{No cumplen el ECA de los datos analizados}}{\text{El total de datos analizados}}$$

Amplitud – F3

Es una medida de la asimetría de los datos determinada por la cantidad del valor atípico especificado, es decir, el valor atípico de todos los datos en relación con el número total de datos.

$$F3 = \left(\frac{\text{La sumatoria normalizada de los excedentes}}{\text{Sumatoria normalizada de Excedentes} + 1} \right) * 100$$

Cálculo de la suma normalizada de los excedentes (nse):

$$\text{nse} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de Datos}}$$

Solo se produce una superación cuando existe una diferencia en medio del valor que representa el ECA y entre el valor del ECA- Agua.

Se produce una superación cuando existe una diferencia entre los valores que representa el ECAs y el valor del dato del ECA- agua.

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor que no cumple el ECA}}{\text{Valor establecido del ECA}} \right) - 1$$

Se produce cuando el dato del parámetro es inferior a los valores que son establecidos por ECA- Agua, que incumple las condiciones especificadas en el mismo, en los modelos: el OD (> 4) y pH (>6.5, <8.5), el resto se determina a continuación:

$$\text{Excedente}_i = \left(\frac{\text{Valor establecido del ECA}}{\text{Valor que no cumple el ECA}} \right) - 1$$

Después de calcular el valor de cada factor (F1, F2, y F3) calcule el índice de calidad del agua, 100 representa alta calidad, 0 representa mala calidad, expresado como la siguiente ecuación:

$$\text{CCME}_{\text{WQI}} = 100 - \left(\sqrt{\frac{F_1^2 + F_2^2 + F_{13}^2}{3}} \right)$$

Tabla 4

Calificación del índice de calidad del agua (ICA)

ICA	100 – 90	89 – 75	74 - 45	44 - 30	29 - 0
Evaluación	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Pésimo

Fuente. ANA (2018)

Tabla 5

Interpretación de la calificación del índice de calidad del agua (ICA)

ICA - PE	Evaluación	Análisis
0 - 29	Pésimo	Carecen con los objetivos de calidad, mayormente estás se ve comprometida o deteriorada. Todas las solicitudes requieren un previo tratamiento.
30 - 44	Malo	Carecen con los objetivos de calidad y a menudo los escenarios ideales están comprometidas o destruidas. Muchas aplicaciones requieren tratamiento.
45 - 74	Regular	A veces se ve comprometida o destruida. La calidad del agua a menudo está lejos de ser ideal. Muchas aplicaciones requieren algún tratamiento.
75 - 89	Bueno	Es ligeramente diferente de la calidad del agua natural. Pero las condiciones ideales pueden ser una amenaza o un daño menor.
90 - 100	Excelente	Está protegida y no representa ninguna amenaza ni daño. Las condiciones están muy cerca de los niveles deseados o naturales.

Fuente. ANA (2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de metales pesados en el agua potable

Tabla 6

Parámetros de metales pesados del distrito de Rupa Rupa y Castillo Grande

Parámetros metales pesados	Unid. Medida	Puntos de Monitoreo														ECAs	LMP
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14		
Calcio (Ca)	mg/L	2.00	9.46	9.41	10.04	9.38	9.52	10.02	10.11	9.58	10.52	9.91	9.87	10.05	9.82	-	-
Magnesio (Mg)	mg/L	3.25	4.78	4.77	4.78	4.77	4.81	4.82	4.88	4.82	4.80	4.80	4.81	4.81	4.81	-	-
Potasio (K)	mg/L	0.83	2.06	2.15	2.11	2.10	2.01	2.42	2.48	2.18	2.14	2.27	2.24	2.17	1.69	-	-
Sodio (Na)	mg/L	5.04	8.08	8.16	8.07	8.06	8.31	8.28	8.42	8.39	8.33	8.26	8.26	8.18	8.24	-	200
Cadmio (Cd)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005	0.003
Plomo (Pb)	mg/L	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01

Cobre (Cu)	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2	2
Hierro (Fe)	mg/L	0.15	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1	0.3
Zinc (Zn)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	5	3
Manganeso (Mn)	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.4

FACSA (2014), señala que la presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. Ya que las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son los que presentan mayor dureza por la presencia de carbonato de calcio y magnesio. No obstante, las aguas subterráneas procedentes de acuíferos con composición silicatada (granitos) dan lugar a un agua blanda, es decir con cantidades muy bajas de calcio y magnesio, de acuerdo con los resultados en cuanto a la concentración del magnesio en los puntos evaluados es de 3.25 – 4.88 mg/L y de acuerdo a los resultados en cuanto a la concentración del calcio tiene una media de 2 – 10.52 mg/L.

Chávez (2016) ha encontrado que en los meses de junio y julio (época de estiaje), la concentración de hierro y plomo es baja o mínima, mientras que en los meses de diciembre y enero (época de avenida) la concentración de hierro y plomo es alta o máxima, no corroborando con los resultados del trabajo de investigación, una posible explicación podría darse debido a la ausencia del cadmio.

También Chávez (2016) ha encontrado que en el mes de junio (época de estiaje), la concentración de zinc es baja, y en el mes de febrero ha encontrado una concentración alta o máxima; y de acuerdo con los resultados no se ha encontrado zinc en los puntos evaluados.

Castillo (2016) ha encontrado que en el mes de junio (época de estiaje), la concentración de cobre y hierro es baja, mientras que en los meses de noviembre y diciembre (época de avenida) la concentración de cobre y hierro es máxima, una posible explicación podría deberse a la influencia de la época de lluvia ya que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen estos minerales va a generar que el agua venga con este mineral, también podría ser sistema de distribución público o la grifería quien lo aporta; de acuerdo a los resultados en cuanto a la concentración del cobre en los puntos evaluados es de 0.01 mg/L y de acuerdo a los resultados en cuanto a la concentración del hierro tiene una media de 0.01 mg/L.

Sánchez (2019) ha encontrado que en el mes de enero (época de avenida), la concentración de manganeso es alta o máxima, mientras que en el mes de setiembre (época de estiaje) la concentración es baja o mínima, no corroborando con los resultados del trabajo de investigación, una posible explicación podría deberse a la influencia de la época de lluvia ya que al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen estos minerales va a generar que el agua venga con este mineral, también podría ser sistema de distribución público o la grifería quien lo aporta; de acuerdo a los resultados en cuanto a la concentración del manganeso tiene una media de 0.00 mg/L.

Evaluación de los parámetros fisicoquímico en el agua potable

Tabla 7

Parámetros fisicoquímicos en el agua potable

Parámetros Fisicoquímico	Unidad	Puntos de Monitoreo														ECAs (A2)	LMP
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14		
Conductividad	µS/cm	352.5	355.5	348.0	367.0	368.3	371.3	392.0	377.5	335.3	419.5	423.8	432.5	395.0	411.3	1600	1500
DBO ₅	mg/L	0.73	0.75	0.64	0.41	0.87	0.44	1.32	1.38	2.00	2.36	1.84	1.48	1.76	2.02	5	-
OD	mg/L	3.55	3.52	3.11	3.39	3.26	3.11	4.08	4.43	4.95	5.12	4.40	4.05	4.00	3.87	≥ 5	-
pH	Unidades	7.10	7.30	7.13	7.04	7.03	7.20	7.46	7.22	7.57	7.38	7.36	7.21	7.35	7.58	5,5 - 9,0	6,5 - 8,5
STD	mg/L	262.8	234.8	224.5	257.3	253.8	260.3	267.8	274.0	233.5	300.8	347.3	312.5	301.8	285.5	1000	1000
Temperatura	°C	26.15	25.70	26.95	26.80	27.10	26.65	27.28	26.38	26.90	26.00	27.55	26.88	26.25	27.18	Δ 3	-
Cloro	mg/L	0.00	1.06	1.66	1.36	1.45	1.23	1.19	1.14	1.33	1.19	1.11	0.99	0.92	0.84	250	250
Nitratos	mg/L	25.00	0.00	5.00	12.50	2.50	12.50	10.00	2.50	12.50	5.00	7.50	10.00	2.50	12.50	50	50
Nitritos	mg/L	1.00	0.00	0.10	0.25	0.05	0.25	0.20	0.05	0.25	0.10	0.15	0.20	0.05	0.25	3	3
Amoniaco	mg/L	1.93	0.06	0.12	0.04	0.06	0.11	0.03	0.07	0.06	0.11	0.08	0.05	0.04	0.05	1.5	1.5
Fosforo Total	mg/L	1.63	1.22	1.14	1.30	1.30	1.14	1.47	1.30	1.30	1.14	1.30	1.63	0.98	1.63	0.15	-
Dureza	mg/L	214.3	221.5	221.3	199.0	179.5	186.3	235.3	203.3	203.3	243.8	213.5	207.5	227.5	229.0	**	500
Turbiedad	UNT	4.84	0.26	0.22	0.32	0.28	0.36	0.29	0.23	0.29	0.26	0.32	0.35	0.46	0.22	100	5

La cantidad de oxígeno disuelto es influenciado por muchos factores antrópicos, como el aumento de materia orgánica, lo que provoca un descenso, pero también la temperatura puede contribuir al agotamiento del oxígeno disuelto, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura y según Núñez (2019) la variación de temperatura que oscila entre los 15°C y 20°C facilita el desarrollo de los microorganismos existentes; en la presente investigación podemos relacionar de forma significativa lo planteado por el autor, la temperatura del agua promedio va desde los 25 – 27 °C.

Jáuregui (2019) ha encontrado en la época de avenida concentraciones de oxígeno disuelto (OD) promedios entre 6.6

mg/L y 9.1 mg/L, en esta época aumenta la concentración de OD debido al nivel de turbulencia ocasionado por el incremento del caudal y por ende los gases se disuelven mejor; y en la época de estiaje encontró promedios entre 7.09 mg/L y 8.45 mg/L, probablemente esta disminución se deba a una demanda alta de oxígeno por los microorganismos, la misma que supera la disolución del gas; de acuerdo a los resultados en cuanto a la DBO₅ tiene una media de 0.41 – 2.36 mg/L. Rizvi et al. (2016) menciona que existen diferencias significativas en la CE para los pozos estudiados, pero no por meses, siendo el valor más bajo de CE 30.0 μ S/cm en el P4 y el más alto de 600.0 μ S/cm para el P1. Los niveles de CE más altos se encuentran en los pozos de la zona Norte que presentan un acumulado de sales inorgánicas o iones, por múltiples actividades antropogénicas relacionadas sobre todo con el ámbito agrícola y doméstico, que aumentan los niveles de este parámetro, aunque la presencia de iones en las aguas subterráneas esta atribuido mayormente a la condición geológica, estas también colaboran con la cantidad y tipos de iones presentes en el agua. El resto de los pozos presentaron niveles de CE por debajo de 200 μ S/cm, que se considera aceptable para el agua potable, de acuerdo con los resultados en cuanto a la concentración de la conductividad eléctrica es de 335 - 433 μ S/cm

Parámetros microbiológicos en el agua potable

Tabla 8

Parámetros microbiológicos en el agua potable

Parámetros microbiológicos	Unidad de Medida	PUNTOS DE MONITOREO														Ecas	LMP
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14		
Coliforme Totales	UFC/100 mL	26.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**	< 1.8
Coliforme Termotolerante	UFC/100 mL	17.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2000	< 1.8
<i>Salmonella sp</i>	Presencia /100 mL	18.50	0.00	4.50	3.00	3.00	2.25	2.25	2.75	3.00	3.00	5.00	3.50	3.00	3.25	**	**
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia /100 mL	14.50	0.00	3.25	2.25	1.75	2.25	3.25	3.75	3.00	3.00	2.75	4.50	3.75	3.00	Ausencia	**
Mohos y Levaduras	UFC/100 mL	16.25	0.00	5.00	4.25	4.75	6.00	4.25	7.00	5.25	4.50	5.25	4.25	5.50	5.25	**	**
Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL	51.75	0.00	19.75	20.0	18.2	25.0	16.0	17.2	16.2	13.0	16.0	15.5	14.0	16.5	**	500

Caceda (2016) evaluó la relación entre coliformes totales, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* con temperatura, pH y demanda bioquímica de oxígeno en la playa de Puerto Malabrigo durante el mes de noviembre del 2015 a abril del 2016, en cada mes hicieron 4 series de muestras, y estas no superaron los estándares de calidad ambiental (ECA) para fines recreativos de contacto primario, excepto el indicador del *Escherichia coli*, teniendo 87.73 NMP/100ml para la zona bañista y 55.44 NMP/100ml para la zona de fábricas.

La relación con la temperatura, pH y demanda bioquímica de oxígeno con los coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*, muestran que si existe una relación positiva, a excepción del pH, que describe una correlación negativa con los indicadores de contaminación fecal, estos resultados no corroboran con los resultados de la investigación realizada, ya que se obtenido concentraciones del coliforme termotolerantes en promedio de 1.23 UFC/100 mL, una varianza de 20.55, una desviación estándar de 4.53 UFC/100 mL, y un coeficiente de variación de 367.87%, donde de acuerdo al contraste con los LMPs, el agua potable es apta para consumo humano.

En Perú, en estos últimos años se han identificado varias especies del género *Vibrio*, en el litoral de la ciudad de Piura, Sechura y Pisco (Orozco et al., 2016) y en la ciudad de Lima, en los humedales de Ventanilla (Rodríguez et al., 2017) donde se aisló *Vibrio cholerae* en todos los puntos de muestreo; en todos los trabajos mencionados se obtienen porcentajes considerables. Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación realizada, debido a que existe presencia de *salmonella sp* y *Vibrio cholerae*.

Índice de calidad ambiental del agua potable

Se realizó el análisis del ICA del agua potable, y se determinó que en el distrito de Rupa Rupa y Castillo Grand, el agua potable tiene una calificación de calidad buena.

Tabla 9

Índice de calidad del agua potable en el distrito de Rupa Rupa y Castillo Grande

N°	Distrito	Zona	Dirección	ICA - ECAs		ICA - DIGESA	
				Puntaje	Calificación	Puntaje	Calificación
1	Rupa Rupa	Planta Agua	Faja marginal del rio Huallaga	69	Regular	97	Excelente
2			Planta caisson	85	Bueno	95	Excelente
3		Sur	Jr. 28 de marzo # 259	82	Bueno	100	Excelente
4			Jr. Surquillo # 159	82	Bueno	92	Excelente

5		Jr. Elias mabama # 112	83	Bueno	100	Excelente
6		Jr. Salaverry B Lt 02	84	Bueno	100	Excelente
7		Kiko Sofia Mz A Lt 07	79	Bueno	100	Excelente
8	Urbana	Jr. Aguaytia # 626	80	Bueno	100	Excelente
9		Jr. Tocache # 186	81	Bueno	100	Excelente
10		Jr. Cayumba # 257	83	Bueno	100	Excelente
11		Jr. Miguel Grau / Picuruyacu	82	Bueno	97	Excelente
12	Castillo Grande	Jr. Francisco Bolognesi / Av. Unión	77	Bueno	97	Excelente
13		Jr. José Carlos Mariátegui / Psj. Tingo María	83	Bueno	100	Excelente
14		Los Laureles	79	Bueno	100	Excelente

Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA-PE), pueden variar de acuerdo a la temporada en que se realice los muestreos, de acuerdo al trabajo de investigación Sucapuca (2022), donde se tomaron muestras en cinco puntos de monitoreo en dos épocas del año: estiaje y avenida, y se analizaron 14 parámetros: DBO, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, manganeso, mercurio, plomo, zinc y coliformes termotolerantes, como resultado de su evaluación han obtuvo una "excelente" calidad del agua en épocas de estiaje y una calidad "mala" en época de estiaje y avenida; en la investigación propuesta se aplicó el ICA-PE, en catorce puntos de muestreo, ambos cuerpos de agua presentan una calidad "Bueno", significa que, la calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural, sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud en el agua potable.

CONCLUSIONES

Se determinó los parámetros metales pesados siendo el calcio, magnesio, potasio, sodio, cadmio, plomo, cobre, hierro, zinc y manganeso cuyos valores están dentro de los Límites Máximo Permisibles (LMP) y de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

Se determinó los parámetros fisicoquímicos siendo la conductividad, DBO5, oxígeno disuelto, pH, solitos totales disueltos, cloruros, nitratos, nitritos, amoníaco, dureza y turbiedad cuyos valores están dentro de los Límites Máximo Permisibles (LMP) y de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), excepto el fósforo total que está fuera de los rangos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

Se determinó los parámetros microbiológicos siendo los coliformes termotolerantes, salmonella sp, bacteria heterotrófica, mohos y levaduras cuyos valores están dentro de los Límites Máximo Permisibles (LMP) y de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), pero el vibrio cholerae están fuera de los rangos de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).

Se determinó el ICA del agua de acuerdo con la normativa del ECAs cuya calificación es "Bueno", de igual forma se aplicó para la normativa de los Límites Máximo Permisibles (LMP) cuya calificación es "Excelente".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Caceda, M. (2016). Coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli en relación a la temperatura, pH y demanda bioquímica de oxígeno en la playa de Puerto Malabrigo. Noviembre 2015 - Abril 2016. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Universidad Peruana Unión <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9040>
- Castillo, T. (2016). Control fisicoquímico del sistema de tratamiento de agua potable en el distrito de Sucre. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1758>
- Chávez, A. (2016). Determinación de metales pesados en el agua del manantial la quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre – Celendín. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad de Cajamarca <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1753>
- FACSA. (2014). La calidad de la dureza del agua. [En Línea]: Universidad Nacional del Nordeste (<https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/>) documento del 29 de abril del 2023).
- Núñez, M. (2019). Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba – Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento. [Tesis doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad de Cajamarca <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3526>

- Orozco, R., Quispe, Y., Lorenzo, A. y Zamudio M. (2017). Asociación de floraciones de algas nocivas y *Vibrio* spp. en áreas de pesca y acuicultura de bivalvos de moluscos en las bahías de Sechura y Pisco, Perú. *Revista peruana de biología*. 24(1), 111-116.
- Rizvi, N., K. Deeksha, y J. Varun. (2016). "World Academy of Science, Engineering and Technology International." *Journal of Environmental, Chemical Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 10(1), 10.
- Rodríguez, R., Retamozo, R., Aponte, H. y Valdivia, E. (2017). Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR humedales de ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Universidad Nacional Agraria La Molina* 16(1), 15-21.
- Sánchez, J. (2019). Determinación de la concentración de metales (Al, Fe, Mn, Ba) en el punto afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales – Celendín [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio de la Universidad de Cajamarca <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3267>
- Sucapuca, R. (2022). Evaluación de la calidad del agua del río Crucero, aplicando el ICA-PE y CCME-WQI en proximidades de la zona urbana del distrito de Crucero, Carabaya, Puno (Perú). [Tesis pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Universidad Peruana Unión <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5313>