



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
SISTEMAS**

Calidad del Agua mediante Sensores y Redes Neuronales Artificiales  
con interfaz Móvil: Estudio en La Unión, Piura, 2024

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero de Sistemas

**AUTORES:**

Ayala Garcia, Wilmer Jean Pierre ([orcid.org/0000-0003-4965-9853](https://orcid.org/0000-0003-4965-9853))

Puelles Garcia, Jesus Miguel ([orcid.org/0000-0002-9691-889X](https://orcid.org/0000-0002-9691-889X))

**ASESOR:**

M. Sc. Tavera Ramos, Antony Paul ([orcid.org/0000-0002-4159-930X](https://orcid.org/0000-0002-4159-930X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas de Información y Comunicaciones

**LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA - PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TAVARA RAMOS ANTHONY PAUL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Calidad del Agua mediante Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil: Estudio en La Unión, Piura, 2024", cuyos autores son AYALA GARCIA WILMER JEAN PIERRE, PUELLES GARCIA JESUS MIGUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

PIURA, 01 de Junio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ANTHONY PAUL TAVARA RAMOS <b>DNI:</b> 40784283 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4159-930X	Firmado electrónicamente por: ATAVARAR el 08-06- 2024 10:08:16

Código documento Trilce: TRI - 0755318





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, AYALA GARCIA WILMER JEAN PIERRE, PUELLES GARCIA JESUS MIGUEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE SISTEMAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Monitoreo de Calidad del Agua, Implementando Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil en La Unión, Piura, 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
WILMER JEAN PIERRE AYALA GARCIA DNI: 73889330 ORCID: 0000-0003-4965-9853	Firmado electrónicamente por: JAYALAGA el 02-06-2024 09:38:44
JESUS MIGUEL PUELLES GARCIA DNI: 72218702 ORCID: 0000-0002-9691-889X	Firmado electrónicamente por: JPUELLESGA el 02-06-2024 09:50:02

Código documento Trilce: TRI - 0755401



## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a nuestras familias, quienes con su amor, paciencia y sacrificio nos han apoyado incondicionalmente en cada etapa de nuestro camino. A ellos, que nos enseñaron el valor de la perseverancia y la dedicación.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por este logro obtenido, sin él no habría sido posible, también a nuestras familias por su colaboración, apoyo y aliento, cuya influencia en el desarrollo de nuestras carreras académicas es inmensurable.

Queremos también expresar nuestro más profundo agradecimiento a nuestro asesor, M. Sc. Távara Ramos Antony, por su incansable orientación, paciencia y apoyo. Sus valiosos consejos fueron cruciales para la realización de esta investigación.

Finalmente, queremos dar las gracias a todas las personas que siempre nos brindaron su amor, apoyo emocional y constante ánimo. Gracias por creer en nosotros.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	ii
Declaratoria de originalidad de los autores .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	14
III. RESULTADOS .....	17
IV. DISCUSIÓN.....	25
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES .....	30
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resultados de calidad química del agua .....	17
<b>Tabla 2:</b> Resultados de parámetros físicos del agua .....	17
<b>Tabla 3:</b> ANOVA de los parámetros del agua por barrios. ....	18
<b>Tabla 4:</b> Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. ....	18
<b>Tabla 5:</b> Fiabilidad de la Encuesta. ....	19
<b>Tabla 6:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 1 .....	20
<b>Tabla 7:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 2 .....	20
<b>Tabla 8:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 3 .....	21
<b>Tabla 9:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 4 .....	21
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 5 .....	22
<b>Tabla 11:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 6 .....	22
<b>Tabla 12:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 7 .....	23
<b>Tabla 13:</b> Resultados de la encuesta de la pregunta 8. ....	23
<b>Tabla 14:</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	34
<b>Tabla 15.</b> Matriz de Operacionalización de variables .....	35
<b>Tabla 16.</b> Ficha técnica para la ficha de observación .....	39
<b>Tabla 17.</b> Ficha técnica para la encuesta .....	39
<b>Tabla 18.</b> <i>Alfa de Cronbach</i> .....	48
<b>Tabla 19.</b> Información de la revista científica donde se postulará el artículo proveniente de los resultados de la presente investigación. ....	55

## RESUMEN

Este estudio examina un sistema de monitoreo de calidad del agua en tiempo real en La Unión, Piura, utilizando sensores y redes neuronales artificiales en una interfaz móvil. El objetivo es medir la calidad del agua y su impacto en la población, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6. Se empleó un método mixto con análisis cuantitativo de datos de 80 viviendas seleccionadas por muestreo no probabilístico, obteniendo muestras directas de los grifos del sistema de distribución de agua potable. Los sensores registraron temperatura, pH, turbidez y sólidos disueltos, complementados con encuestas sobre la percepción comunitaria.

Los resultados mostraron una evaluación precisa de parámetros físico-químicos y mejoras en la percepción de la calidad del agua. Aunque temperatura y turbidez cumplieron estándares, el pH reveló niveles ácidos elevados y los sólidos disueltos superaron los límites. En conclusión, el sistema es valioso para monitorear la calidad del agua, recomendando su expansión y explorar la integración de otros tipos de IA para una precisión mejorada. La investigación subraya adaptar tecnologías a necesidades de comunidades vulnerables respecto al agua.

**Palabras clave:** Análisis de sistemas Aplicación móvil, Calidad del agua, Accesibilidad a la información, Redes Neuronales Artificiales, Sensores.



## ABSTRACT

This study examines a real-time water quality monitoring system in La Unión, Piura, using sensors and artificial neural networks in a mobile interface. The objective is to measure water quality and its impact on the population, aligning with Sustainable Development Goal 6. A mixed method was employed with quantitative data analysis of 80 households selected by non-probabilistic sampling, obtaining direct samples from the taps of the drinking water distribution system. Sensors recorded temperature, pH, turbidity and dissolved solids, complemented with community perception surveys.

The results showed an accurate assessment of physicochemical parameters and improvements in water quality perception. Although temperature and turbidity met standards, pH revealed elevated acidic levels and dissolved solids exceeded limits. In conclusion, the system is valuable for monitoring water quality, recommending its expansion and exploring the integration of other types of AI for improved accuracy. The research highlights adapting technologies to the needs of vulnerable communities with respect to water.

**Keywords:** Systems analysis, Mobile application, Water quality, Information accessibility, Artificial Neural Networks, Sensors.

## I. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la calidad del agua es un desafío global con implicaciones críticas para la salud pública y la sostenibilidad ambiental (OMS, 2021). A pesar de los esfuerzos internacionales, la contaminación del agua sigue siendo un problema apremiante, especialmente en países en desarrollo (ONU, 2020)."

Es decir, el seguimiento a la calidad del agua es un asunto de relevancia internacional con consecuencias críticas para la salud humana y la preservación de ecosistemas. Globalmente, el Sistema Global de Monitoreo del Medio Ambiente para agua dulce [1] suministra información confiable respecto a la calidad de este recurso, respaldando análisis científicos y facilitando la toma de decisiones, favorece en la recopilación de datos sobre parámetros del agua y su el impacto en su calidad tanto en espacios superficiales como subterráneas, a través de la red global GEMS/Water. Sin embargo, la necesidad de una monitorización más amplia y profunda es imperante, dado el impacto creciente de factores como el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación[1].

Por otro lado, fundada en 2002, la Coalición Global de Investigación del Agua, entidad sin ánimo de lucro, funciona como un espacio colaborativo dedicado a la investigación hídrica. Esta coalición aborda problemas globales que la industria hídrica enfrenta, incluyendo cambio climático, eficiencia energética, sostenibilidad y preservación de la calidad del agua potable. Sin embargo, debido a la magnitud de los desafíos actuales y la falta de un monitoreo efectivo y extenso de la calidad del agua a nivel mundial, sus esfuerzos se ven limitados. La supervisión y el control de esta laguna son cruciales para la salud humana y la preservación de la biodiversidad y la sustentabilidad de los ecosistemas acuáticos.

En el Perú, se ha avanzado en términos de acceso a agua potable y saneamiento, no obstante, persisten carencias notables en infraestructura pública y doméstica. Cerca del 48% de los habitantes no

cuentan con acceso a fuentes de agua confiables y seguras. Ante estos retos, la población peruana está retomando sabiduría ancestral y salvaguardando ecosistemas naturales como estrategia de adaptación al cambio climático, sin tener en cuenta la salubridad de la misma y teniendo escasa disponibilidad de un monitoreo de la misma en lugares con menor poblados que en las provincias. [2]

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de un sistema de monitoreo continuo basado en sensores, redes neuronales artificiales e interfaz móvil sobre la calidad del agua para consumo humano en La Unión, Piura. Específicamente, buscamos responder las siguientes preguntas: (1) ¿Como la Calidad Química puede ser medida mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales? (2) ¿Como los parámetros Físicos puede ser medida mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales?

El acceso a agua de calidad para consumo humano es una preocupación creciente en diversas partes del mundo. Es decir, la salud humana y el desarrollo sostenible están estrechamente relacionados con la calidad del agua. Las técnicas actuales para evaluar la calidad del agua y la contaminación de los sistemas de agua potable rural (APR) muestra fallas, incluyendo un muestreo mensual, escaso presupuesto y ausencia de vigilancia continua, lo cual es fundamental para proporcionar agua segura para consumo humano en localidades como La Unión [3]. De esta forma el mundo moderno nos ofrece tecnologías avanzadas que, al ser integradas de manera adecuada, pueden ser la respuesta a muchos de los problemas que enfrentamos como sociedad. La Inteligencia Artificial (IA), junto con la sensorización, tiene el potencial de revolucionar la manera en que monitorizamos y controlamos diversos parámetros en nuestro entorno, incluyendo la calidad del agua. A pesar de los esfuerzos realizados a nivel global, la contaminación y falta de sistemas adecuados para el tratamiento y monitoreo del agua sigue siendo un problema crítico en varias comunidades. La Comunidad de La Unión en Piura no es la excepción. La propuesta central de esta investigación es la utilización de

una aplicación móvil que integra sensores y la técnica de Redes neuronales artificiales (ANN) para medir y evaluar la calidad del agua en las viviendas de La Unión.

El presente estudio pretende determinar el impacto del sistema de monitoreo continuo basado en sensores, Redes Neuronales Artificiales e Interfaz Móvil sobre la calidad del agua para el consumo humano en las viviendas de La Unión. Para lograr su alcance, se han establecido objetivos específicos tales como: Monitorear la Calidad Química del agua medida mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales, Monitorear los Parámetros físicos del agua mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales.

La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para ofrecer una solución tecnológica que permita a los habitantes de La Unión en Piura tener un control y seguimiento sobre la calidad del agua que consumen. Además, esta herramienta representa un avance significativo en la integración de tecnologías emergentes en beneficio de la salud y el bienestar de las comunidades. La monitorización permite una detección temprana de posibles contaminantes y amenazas, garantizando así que el agua que llega a los hogares es segura para el consumo.

La necesidad de monitoreo en tiempo real de todos los depósitos de agua potable es indiscutible, considerando eventos como el brote de *Campylobacter* y *Escherichia Coli* en Askøy, Noruega, donde más de 2000 personas se enfermaron, más de 60 fueron hospitalizadas y 2 fallecieron. Este brote ocurrió en un país conocido por tener una de las calidades de agua más altas del mundo [4].

Así mismo, se plantea la siguiente hipótesis: La implementación del monitoreo de la calidad del agua con sensores y Redes Neuronales Artificiales con interfaz móvil tiene un impacto positivo y significativo en la alerta temprana sobre la calidad del agua para consumo humano a la comunidad de La Unión, Piura.

Finalmente, esta investigación tiene el potencial de sentar las bases para futuros desarrollos y adaptaciones de la tecnología propuesta en otras regiones y contextos. Además, el trabajo realizado se convierte en una referencia para otros investigadores y desarrolladores interesados en aplicar la Inteligencia Artificial y la sensorización en la solución de problemas reales y concretos.

El seguimiento a la calidad del agua es un asunto de relevancia internacional con consecuencias críticas para la salud humana y la preservación de ecosistemas. En la literatura científica reciente, diversos estudios han destacado el potencial de la Inteligencia Artificial (IA) y el Machine Learning (ML) para mejorar la monitorización y evaluación de la calidad del agua. Por ejemplo:

En los últimos años, las aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA), el Aprendizaje Automático (ML) y la Computación Blanda (SC) han capturado la atención de la comunidad científica debido a su potencial para transformar el ámbito de la evaluación y monitoreo de la calidad del agua. Según estudios recientes, estas tecnologías ofrecen ventajas notables sobre los métodos convencionales en términos de eficiencia y precisión. Un metaanálisis de 126 artículos destacó que, aunque la IA y la SC pueden mejorar significativamente la evaluación de la calidad del agua potable, aún enfrentan desafíos considerables para su implementación generalizada [4], [5]. Además, una revisión exhaustiva de 250 investigaciones subrayó el potencial de la IA y el ML para incrementar la eficiencia en los procesos de tratamiento y monitoreo del agua, recomendando la necesidad de más investigaciones y el desarrollo de estándares para facilitar su adopción más amplia [4], [5].

Por otro lado, estudios adicionales han explorado el uso de la IA para mejorar la predicción y el monitoreo de la calidad del agua, analizando datos recopilados de diversas fuentes acuáticas en múltiples países. Estos estudios emplearon algoritmos avanzados como redes neuronales artificiales (RNA), árboles de decisión y máquinas de vectores de soporte (SVM), logrando precisión en la predicción de parámetros de calidad del agua superiores al 90% [6] [7] [8] [9] [10]. Este conjunto de

investigaciones demuestra cómo las técnicas de IA pueden ofrecer herramientas valiosas para la evaluación inteligente y automatizada de la calidad del agua, destacando contribuciones específicas como la selección de características de Pavone y el enfoque predictivo de Aldhyani.

Investigaciones para examinar las variaciones en los indicadores de calidad del agua y las poblaciones de macroinvertebrados en el Río Zhob, Balochistan recogieron muestras de macroinvertebrados y agua en cuatro estaciones diferentes del Río Zhob. Se identificaron 18 taxa de macroinvertebrados, principalmente del orden Diptera, clasificados en los phyla Arthropoda, Mollusca y Annelida [5]. Además, se registraron parámetros físico-químicos del Río Zhob, incluyendo temperatura del aire y del agua, pH, oxígeno disuelto (DO) y sólidos totales disueltos (TDS). La muestra consistió en macroinvertebrados y aguas tomadas de las mencionadas estaciones. Como resultado, el Phylum Arthropoda constituyó el 94.8% de la población total, seguido por Mollusca (3.6%) y Annelida (1.4%). El estudio proporciona información valiosa sobre la diversidad y fluctuación estacional de macroinvertebrados en el Río Zhob, así como sobre los parámetros de calidad del agua en diferentes estaciones.

El estudio llevado a cabo por los investigadores [12] tuvo como objetivo principal analizar la calidad microbiana del agua y la relación entre la distribución del tamaño de las partículas y los eventos de lluvia en dos manantiales kársticos alpinos. Para alcanzar dicho objetivo, se empleó el estudio longitudinal, con datos recolectados durante un período de seis meses. La metodología consistió en una monitorización multiparamétrica de alta resolución enfocada en la calidad microbiana del agua y las partículas, incluido el uso de citometría de flujo y PCR cuantitativa. El estudio se basó en una muestra que de agua recolectadas de dos manantiales kársticos alpinos en Suiza [12]. A partir de esta investigación, se determinó que ciertos parámetros pueden funcionar como sistemas de alerta temprana ante la contaminación fecal, incluyendo los recuentos totales de bacterias, las bacterias indicadoras fecales y la distribución del

tamaño de las partículas. El estudio estableció que la monitorización multiparamétrica de alta resolución puede ofrecer datos valiosos para la administración de los recursos hídricos en los sistemas kársticos alpinos.

Un grupo de autores investigaron diversas tecnologías y métodos para el monitoreo de la calidad del agua. Estas investigaciones abordaron el monitoreo de la calidad del agua desde diferentes perspectivas tecnológicas, pero compartiendo un objetivo común de mejorar la eficiencia y efectividad del monitoreo en tiempo real de la calidad del agua. Las poblaciones de estudio fueron en general los cuerpos de agua, incluidos los utilizados en acuicultura, con un enfoque en el monitoreo de su calidad. Los estudios revisaron y analizaron diversas tecnologías y métodos de monitoreo, desde redes de sensores inalámbricos hasta sensores basados en guías de ondas ópticas, espectrofotómetros UV-Vis en línea y sensores basados en polímeros molecularmente impresos (MIPs) [6] [7] [8] [9] [4]. En cuanto a metodología, la mayoría de los estudios emplearon un diseño de revisión de la literatura, analizando y sintetizando investigaciones existentes sobre el monitoreo de la calidad del agua, seleccionando artículos relevantes mediante criterios de inclusión específicos y evaluando críticamente las tecnologías presentes en la literatura. Los resultados principales, [6] destacó que las redes de sensores inalámbricos, y en particular las LPWAN, son herramientas efectivas y eficientes para el monitoreo de la calidad del agua, superando los desafíos relacionados con la escasez de datos. [10] Se identificaron biosensores y tecnologías analíticas útiles para el monitoreo de la calidad del agua en acuicultura, contribuyendo a la sostenibilidad de la industria. [8] resaltaron el desarrollo activo de sensores fotónicos para monitoreo ambiental, mientras que Shi et al. subrayaron las ventajas de los espectrofotómetros UV-Vis en línea para el monitoreo y control de la calidad del agua potable. Por último, [11] proporcionaron una evaluación crítica de las tecnologías para el monitoreo en tiempo real de la calidad del agua, destacando los sensores basados en MIPs como una opción prometedora debido a sus características únicas y aplicabilidad práctica.

En investigaciones recientes, los equipos dirigidos por Ajakwe y

Conejeros Molina [12], [3], han llevado a cabo estudios con el propósito común de mejorar la predicción y el monitoreo de la calidad del agua, aunque cada uno con un enfoque metodológico y tecnológico distinto. Ambos equipos se centraron en cuerpos de agua, siendo el estudio de Ajakwe particularmente detallado al analizar 100,000 registros de un río en China. Por su parte, el grupo de Conejeros Molina seleccionó cuidadosamente varios cuerpos de agua, aunque sin especificar cuáles.

En lo que respecta a las tecnologías empleadas, ambos estudios utilizaron avanzados sistemas de sensores para la recolección de datos en tiempo real. Ajakwe y su equipo implementaron sensores IoT que facilitaron la obtención de datos detallados del río chino [12], mientras que Conejeros Molina y su equipo optaron por sensores potenciométricos microbianos [3]. Las metodologías aplicadas incluyeron técnicas de aprendizaje automático que permitieron analizar e interpretar los datos recolectados de forma efectiva.

Los resultados de ambos estudios indicaron que los sistemas y métodos empleados son altamente efectivos para monitorear y predecir la calidad del agua. Ajakwe y colegas reportaron bajos errores medios cuadráticos, lo que subraya una gran precisión en la predicción de parámetros de calidad del agua. En contraste, Conejeros Molina y su equipo resaltaron la precisión y fiabilidad sin precedentes de sus métodos, subrayando su importancia no solo para la investigación científica, sino también para la conservación ambiental y la salud pública. A pesar de las diferencias en las metodologías y tecnologías específicas, ambos estudios aportan contribuciones valiosas y complementarias al campo del monitoreo y la predicción de la calidad del agua, demostrando la efectividad de las tecnologías emergentes y los enfoques sistemáticos para obtener datos precisos y confiables sobre la calidad del agua.

En un estudio reciente, investigadores analizaron muestras de lixiviados y agua subterránea del vertedero de Saravan y pozos de monitoreo adyacentes, centrándose en la concentración de metales pesados y otros parámetros físico-químicos críticos [13]. El objetivo principal de la investigación fue evaluar y comparar la efectividad de



diversos modelos de inteligencia artificial en la predicción de estos parámetros, con el fin de determinar el modelo más eficaz y preciso. Aunque no se detallaron el tamaño exacto de la muestra ni los criterios de selección, se recolectaron y analizaron minuciosamente muestras de lixiviados y agua subterránea para generar un conjunto detallado y representativo de datos. Este conjunto incluyó información sobre la concentración de varios metales pesados y parámetros físico-químicos, proporcionando una base sólida para el análisis y comparación de los modelos de inteligencia artificial.

Los resultados del estudio indicaron que el algoritmo ELM-GWO superó significativamente a los otros modelos en términos de precisión predictiva, mostrando mejoras notables en la predicción de parámetros críticos como la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la turbidez y la conductividad eléctrica (CE). Estos [20] hallazgos sugieren que el algoritmo ELM-GWO es una herramienta robusta y confiable, que ofrece un rendimiento superior para la predicción precisa de la calidad de lixiviados y aguas subterráneas en entornos de vertedero, enfatizando su relevancia para la investigación científica y la gestión ambiental.

La investigación [14] desarrolló un innovador marco de apilamiento basado en modelos de aprendizaje profundo, utilizando una red neuronal convolucional (CNN), para la predicción del Índice de Calidad del Agua (WQI). Incorporó además inteligencia artificial explicable (XAI) con valores SHAP derivados de XGBoost, mejorando las decisiones en la gestión del agua. El modelo demostró una alta eficacia, prediciendo la calidad del agua subterránea con un 99% de precisión y destacando factores críticos como los sólidos disueltos totales (TDS), zinc y conductividad eléctrica (EC). Estos resultados sugieren que el marco puede ser fundamental para optimizar la gestión del agua en zonas áridas y garantizar un suministro seguro y limpio a las comunidades.

La investigación [14] se centró en desarrollar un modelo avanzado de aprendizaje automático utilizando XGBoost para predecir la rapidez con la que se restaura la pureza del agua tras perturbaciones en una

instalación de tratamiento. Utilizando datos operativos y de calidad del agua de una planta piloto, el estudio destacó que el pretratamiento de las variables de entrada mejora significativamente el rendimiento del modelo. Los resultados subrayan la importancia del pretratamiento de datos en el desarrollo de modelos, ofreciendo un enfoque metodológico que contribuye a una gestión más eficiente y estable de las instalaciones de tratamiento de agua.

La investigación [15] exploró el uso de neuronales artificiales (RNA) para construir y comparar modelos de pronóstico relacionados con las predicciones de aguas subterráneas. Las redes neuronales artificiales procesan los datos de entrada y la información atraviesa las conexiones de la red neuronal para producir los valores de salida de acuerdo con la entrada. Los resultados obtenidos fueron que la IA se ha utilizado para realizar mediciones más precisas y frecuentes, analizar grandes cantidades de datos, y tomar decisiones automatizadas. Además, tiene el potencial de revolucionar el monitoreo del nivel y la calidad del agua en los próximos años. Llegando a la conclusión que a medida que la investigación en este campo continúe, es probable que la IA se utilice cada vez más en aplicaciones de monitoreo del nivel y la calidad del agua.

Un estudio [16] confirmó la utilidad de los patrones temporales de señales MPS combinados con aprendizaje automático e inteligencia artificial (ML/AI) para predecir cambios en los parámetros de calidad del agua. El estudio destacó una precisión extremadamente alta en el monitoreo de parámetros biológicos como algas y clorofila, con un error cuadrático medio normalizado (NRMSE) menor al 3%. Aunque los NRMSE para parámetros físicos fueron ligeramente más altos ( $\leq 10,5\%$ ), aún indican alta precisión. Los mayores NRMSE se atribuyeron a la alta sensibilidad de los sensores, sus límites de detección y la falta de fiabilidad a largo plazo. La tecnología MPS demostró ser especialmente efectiva para detectar inconsistencias o fallos en otros sensores de monitoreo en tiempo real, como pH y oxígeno disuelto (OD), revelando un beneficio único de su integración con ML/AI. Además, los sensores MPS mostraron ser capaces de supervisar la confiabilidad y el rendimiento de otras

herramientas de seguimiento de la calidad del agua, confirmando que este método es preciso y confiable para la supervisión de la calidad del agua.

Con el propósito de utilizar un dispositivo de Internet de las cosas (IoT) innovador y de bajo costo se realizó una investigación [17] para evaluar los parámetros de la pureza del agua. El sistema de monitoreo implementado consta de maker-UNO como controlador central, módulo SIM7600-GSM como módulo Wi-Fi y sensores de parámetros de calidad del agua. Este estudio aplicó cinco modelos diferentes de técnicas de inteligencia artificial (IA) para predecir los parámetros de la pureza del agua. Como resultado demuestran que la IA ha sido eficaz para mejorar el monitoreo y el modelado de los parámetros de la pureza del agua en una variedad de condiciones. La IA se ha utilizado para mejorar el monitoreo de la calidad del agua en una variedad de entornos, incluyendo ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas.

La calidad del agua es una construcción teórica esencial que se manifiesta a través de la confluencia de diversos elementos determinantes en la caracterización de su aptitud para diversos fines específicos. En este tejido de relaciones, los parámetros y criterios de evaluación de la calidad del agua se multiplican y diversifican, ajustándose de manera flexible a las características de las distintas tipologías de agua, tales como la potable, la destinada a riego agrícola, la industrial y la recreativa, entre otras. Este enfoque multifacético encuentra su materialización en las directrices y normativas emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las cuales se erigen como baluartes normativos que buscan salvaguardar la idoneidad y seguridad del agua para consumo, cocina y demás usos domésticos. Dentro de este marco, se establecen valores límite máximos para contaminantes diversos, así como parámetros físicos, químicos y microbiológicos, diseñados meticulosamente para evitar riesgos a la salud de los consumidores [18].

La calidad química del agua, por otra parte, emerge como un subcampo específico dentro de este universo teórico. Dicha calidad se manifiesta en la ausencia -o presencia controlada- de contaminantes potencialmente patógenos, como bacterias, virus, protozoos, metales

pesados, compuestos orgánicos y sustancias tóxicas. En este sentido, la OMS esgrime criterios precisos y meticulosos, apoyados en la valoración de riesgos sanitarios vinculados a la exposición a estos agentes contaminantes. Estos criterios delimitan límites máximos permisibles para la concentración de estos elementos en el agua potable.

El espectro de contaminantes químicos abarca agentes de alta peligrosidad para la salud humana, entre los cuales se destacan metales pesados como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo. Estos elementos, conocidos por su toxicidad, pueden desencadenar una serie de problemas de salud significativos, afectando sistemas vitales como el nervioso, reproductivo y digestivo. A su vez, compuestos orgánicos (pesticidas, herbicidas, disolventes) y sustancias tóxicas (productos químicos industriales, residuos médicos) también integran este peligroso conglomerado, exponiendo riesgos tanto para la salud humana como para el entorno ambiental [18].

En este marco, la gestión de la calidad química del agua destinada al consumo humano se percibe como un flujo constante y evolutivo, que engloba desde la salvaguarda de las fuentes hídricas hasta la vigilancia persistente de la calidad del indispensable líquido. Este proceso holístico tiene la mira no solo en adherirse a los criterios establecidos, sino también en salvaguardar la salud colectiva y mantener la integridad ambiental, procurando el acceso a agua que no solo resulte segura, sino también benéfica para la salud.

La calidad microbiana del agua es entendida como la no presencia de entes patógenos microscópicos, es decir, bacterias, virus, protozoos y parásitos, en el líquido vital destinado al consumo humano, cuya presencia podría desencadenar riesgos sanitarios. Para asegurar esta calidad, se implementan estrategias como el muestreo y análisis de agua, modelización matemática predictiva basada en factores ambientales y vigilancia periódica. En el marco de gestión, se prioriza la protección de fuentes hídricas, el tratamiento de eliminación de microorganismos y el monitoreo constante para cumplir con los estándares, entre los que, según la OMS, se encuentra la ausencia de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y

Shigella spp., y recuentos controlados de microorganismos aerobios y coliformes fecales [18].

Por otro lado, los parámetros físicos del agua, esenciales para asegurar su calidad y minimizar riesgos sanitarios, comprenden la temperatura, la cual debe oscilar entre 12 y 25 °C; el pH, que debe situarse entre 6,5 y 8,5; la turbidez, con un límite máximo de 5 NTU; y el color, que no debe superar las 20 UPC. Adicionalmente, el agua debe ser inodora o presentar un olor suave y agradable, y su sabor debe ser aceptable, sin alteraciones por químicos como cloro o metales pesados. Estos parámetros, junto a la ausencia de sustancias tóxicas (metales pesados, compuestos orgánicos, sustancias radioactivas), son enfatizados por la OMS como cruciales para garantizar un agua potable segura y de calidad [18].

El monitoreo de calidad del agua, es un proceso meticuloso de medición y evaluación aplicado a cuerpos de agua específicos (ríos, lagos, acuíferos), que engloba la medición de parámetros diversos como temperatura, pH, turbidez, presencia de contaminantes y concentración de oxígeno disuelto, esenciales para asegurar la seguridad y adecuación del agua para su uso designado y para identificar y rectificar problemas de calidad [15].

En este escenario, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como una herramienta significativa. Esta rama de la informática, destinada al desarrollo de sistemas y algoritmos capaces de ejecutar tareas que emulan la inteligencia humana (aprendizaje, toma de decisiones, reconocimiento de patrones), se aplica al monitoreo y predicción de la calidad y nivel del agua, permitiendo el análisis de grandes volúmenes de datos y la identificación de tendencias y patrones complejos [15].

Las Redes Neuronales Artificiales (ANNs), subtipo de la IA inspirado en las redes neuronales biológicas humanas, son implementadas en el contexto del monitoreo y predicción del agua. Compuestas por nodos interconectados que procesan y transmiten información mediante conexiones ponderadas ajustables, las ANNs son capaces de reconocer patrones y realizar predicciones precisas, siendo

aplicables en áreas como reconocimiento de voz, visión por computadora y análisis de datos [15].

Por otro lado, los sensores, dispositivos diseñados para medir y detectar cambios ambientales, son esenciales en la monitorización de la calidad del agua, midiendo parámetros y transmitiendo datos para su análisis y procesamiento posterior [6]. En este ecosistema, los microcontroladores, dispositivos electrónicos integrados, actúan como el cerebro de los nodos inalámbricos en redes de sensores, procesando señales de los sensores y transmitiendo datos para su análisis posterior [6].

## II. METODOLOGÍA

La investigación desarrollada fue de tipo aplicada, conforme a la definición proporcionada por el Manual Oslo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2018). El enfoque adoptado para este estudio fue mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para una comprensión integral de la dinámica entre la calidad del agua y la percepción comunitaria. En términos de diseño, se empleó un diseño no experimental descriptivo para la componente cuantitativa y un diseño fenomenológico para la componente cualitativa, permitiendo profundizar en las experiencias individuales de los habitantes con respecto a la calidad del agua. El alcance de la investigación estuvo delimitado por los límites geográficos de La Unión, Piura, y se centró en evaluar el impacto del uso de sensores y una aplicación móvil en la percepción de la calidad del agua.

La calidad del agua para consumo humano fue la principal variable de interés. Conceptualmente, se definió como la medida en que el agua cumple con los estándares internacionales para ser considerada segura para el consumo y otros usos domésticos. Operacionalmente, se midió mediante parámetros físicos y químicos como pH, turbidez, y la presencia de metales pesados. Además, se evaluó el impacto de un sistema de monitoreo basado en sensores y redes neuronales artificiales sobre la percepción de la calidad del agua por parte de la comunidad. Las subcategorías incluyeron la satisfacción con el sistema de monitoreo, la confiabilidad de los datos proporcionados, y la utilidad de las alertas emitidas por la aplicación móvil.

La población de estudio consistió en 5,621 viviendas en La Unión, Piura. Se incluyeron viviendas que contaban con un sistema de agua potable dentro de cuatro barrios específicos. Se excluyeron aquellas viviendas sin acceso a dicho sistema. El tamaño de muestra se calculó para asegurar un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, resultando en 80 viviendas. El método de muestreo fue no probabilístico por conveniencia, seleccionando aleatoriamente 20 domicilios por barrio.

La muestra se calculará utilizando la fórmula matemática correspondiente, obteniendo finalmente 80 viviendas a estudiar.

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{E^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times (1 - p)}$$

Entonces:

- n es el tamaño de la muestra.
- N es el tamaño de la población (5 621 viviendas).
- Z es el valor Z para el nivel de confianza deseado (por ejemplo, 1.96 para un 95% de confianza).
- p es la proporción estimada del atributo en la población (por ejemplo, 0.5 si no tienes una estimación).
- E es el margen de error deseado (por ejemplo, 0.05 para un 5%).

Se utilizaron sensores para recolectar datos objetivos sobre la calidad del agua. Además, se aplicaron encuestas estructuradas para evaluar la percepción de los residentes. Los instrumentos de encuesta fueron validados en un estudio piloto previo, y se realizaron análisis de consistencia interna utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, asegurando su fiabilidad.

Para el análisis cuantitativo, se utilizó el ANOVA para comparar medias entre grupos. En el componente cualitativo, se emplearon técnicas de análisis temático para identificar patrones recurrentes en las respuestas de los participantes.

Los aspectos éticos son fundamentales en esta investigación para asegurar la integridad del proceso investigativo. Es esencial obtener el consentimiento informado de los participantes, quienes deben estar plenamente informados sobre los propósitos, procedimientos, riesgos y beneficios del estudio. Conforme al Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), se garantiza la protección rigurosa de los datos personales sensibles. Esta investigación se ha diseñado con el objetivo de beneficiar a la comunidad, promoviendo la mejora de la calidad del agua y el bienestar general de los



habitantes mediante la divulgación transparente de los resultados. Se han implementado medidas para minimizar los riesgos potenciales y respetar las normas culturales locales. Además, se ha obtenido la aprobación ética necesaria para asegurar el cumplimiento con los estándares éticos y la protección de los derechos y el bienestar de los participantes de manera segura y ética. También se ha tenido especial cuidado en citar adecuadamente todas las fuentes para evitar la apropiación indebida de conceptos o hallazgos de otros investigadores. Los principios éticos aplicados en esta investigación incluyen:

**Beneficio:** Buscar activamente el bienestar de los participantes y de la sociedad durante el desarrollo de la investigación, con un enfoque en mejorar la comprensión global de la calidad del agua.

**No Maleficencia:** Tomar todas las medidas necesarias para evitar causar daño a los participantes. Esto incluye la implementación de mecanismos de protección tanto técnicos como éticos, y la disposición a suspender la investigación si los riesgos superan los beneficios potenciales.

**Autosuficiencia:** Respetar la autonomía de los participantes proporcionando información clara y completa sobre el estudio. Cada participante es avisado acerca de sus roles en la investigación y tiene el derecho de retirarse en cualquier momento y sin sufrir consecuencias negativas.

**Equidad:** Asegurar un tratamiento justo y equitativo dentro del estudio, dando paso a la eliminación de cualquier forma de discriminación o posible sesgo indebido. Se selecciona una muestra representativa de la población estudiada para garantizar que todas las personas tengan las mismas oportunidades de participar, independientemente de su origen étnico, género, orientación sexual o cualquier otra característica personal.

### III. RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos del estudio sobre el monitoreo de la calidad del agua en La Unión, Piura, utilizando sensores y una aplicación móvil. Los resultados se organizan según los objetivos específicos planteados en la metodología.

Objetivo 1: Monitorear la calidad química del agua mediante la aplicación móvil con sensores y redes neuronales artificiales.

**Tabla 1:** *Resultados de calidad química del agua*

Descriptivas

	<b>N</b>	<b>Perdidos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
PH	80	0	6.08	6.09	0.141	5.71	6.43
TDS	80	0	493.64	493.88	74.567	332.91	673.05

Interpretación y análisis:

Los resultados indicaron que el pH del agua osciló en un rango de 5.71 y 6.43 con una media de 6.08, lo que significa que es poco aceptable para el consumo humano, el sistema de monitoreo ha sido efectivo para medir la calidad química del agua. El sensor de TDS, detectó valores entre 332.91 y 667.05 ppm, con una media de 493.64, estos límites son poco aceptables, indicando una cantidad significativa de sólidos disueltos en el agua [18].

Objetivo 2: Monitorear los parámetros físicos del agua mediante la aplicación móvil con sensores y redes neuronales artificiales.

**Tabla 2:** *Resultados de parámetros físicos del agua*

Descriptivas

	<b>N</b>	<b>Perdidos</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>DE</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
TURBIDEZ	80	0	0.271	0.265	0.0942	0.0	0.500
TEMPERATURA	80	0	22.462	22.470	0.1059	22.2	22.690

### Interpretación y análisis:

La temperatura del agua mostró una media de 22.462 C°, lo que es favorable para evitar el crecimiento bacteriano. En el caso de la turbidez se reflejaron niveles bajos, obteniendo un rango entre 0 y 0.500 lo que indica una claridad del agua aceptable pero no recomendada [18].

### Contraste de hipótesis

Se realizó un análisis de ANOVA para determinar si existían diferencias significativas en los parámetros del agua entre diferentes barrios. Los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que la calidad del agua es uniforme en toda la región estudiada.

**Tabla 3:** ANOVA de los parámetros del agua por barrios.

ANOVA de Un Factor (Welch)

	F	gl1	gl2	p
PH	0.768	3	42.0	0.518
TEMPERATURA	0.769	3	42.1	0.518
TURBIDEZ	0.577	3	42.1	0.633
TDS	0.292	3	42.0	0.831

### Interpretación y análisis:

Los p-valores indican que no hay diferencias significativas en los parámetros del agua entre los barrios, teniendo como base que debe ser mayor a 0.05, lo que respalda la eficacia del sistema de monitoreo, en proporcionar una medición de calidad de agua constante a través de diferentes sensores.

**Tabla 4:** Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas.

		Statistic	df	df2	p
PH	Levene's	1.119	3	76	0.347
	Bartlett's	1.893	3		0.595

		<b>Statistic</b>	<b>df</b>	<b>df2</b>	<b>p</b>
TEMPERATURA	Levene's	0.200	3	76	0.896
	Bartlett's	0.799	3		0.850
TURBIDEZ	Levene's	0.472	3	76	0.703
	Bartlett's	1.377	3		0.711
TDS	Levene's	0.925	3	76	0.433
	Bartlett's	2.800	3		0.423

### Interpretación y análisis

Los resultados de las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) indican que la distribución de los datos para cada parámetro no se desvía significativamente de una distribución normal, siendo esta mayor a 0.05, lo cual es adecuado para la realización de análisis ANOVA. Las pruebas de homogeneidad de varianzas (Levene) muestran que las varianzas son homogéneas, permitiendo comparaciones válidas entre los grupos.

### Resultados de la aplicación de la encuesta

**Tabla 5: Fiabilidad de la Encuesta.**

Estadísticas de Fiabilidad de Escala	
	<b>Alfa de Cronbach</b>
escala	0.904

El Alfa de Cronbach para la escala utilizada en la encuesta fue de 0.904, lo cual indica un nivel alto de consistencia interna entre las preguntas del cuestionario. Este resultado sugiere que la escala es confiable para medir la percepción de la calidad del agua en la población estudiada.

Pregunta 1: Percepción de la calidad del agua antes de la implementación del sistema de monitoreo

**Tabla 6:** *Resultados de la encuesta de la pregunta 1*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Muy pobre	41	51.2 %	51.2 %
Pobre	39	48.8 %	100.0 %

**Análisis:**

Antes de la implementación del sistema de monitoreo, un total del 100% de los encuestados calificó la calidad del agua como "muy pobre" o "pobre", indicando una clara insatisfacción con la situación existente. Esta percepción generalizada de una calidad de agua deficiente subraya la urgente necesidad de intervenciones para monitorear este aspecto vital para la salud y el bienestar de la comunidad.

Pregunta 2: Cambios en la percepción de la calidad del agua durante el período de prueba del sistema de monitoreo

**Tabla 7:** *Resultados de la encuesta de la pregunta 2*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Mucho mejor	46	57.5 %	57.5 %
Algo mejor	34	42.5 %	100.0 %

**Análisis:**

Todos los entrevistados moderaron su evaluación del estado de la calidad del agua a "Mucho mejor" y "Algo mejor". El consentimiento unánime revela de forma muy sencilla el enorme impacto positivo que ejerce el sistema de monitoreo sobre la calidad del agua. Estos hallazgos se refieren no sólo a la eficacia del sistema para monitorear la calidad del agua, sino que también confirman su impacto a la hora de ganarse la confianza de la población local.

Pregunta 3: Cambios en el nivel de información sobre la calidad del agua

**Tabla 8:** Resultados de la encuesta de la pregunta 3

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Mucho más informado	46	57.5 %	57.5 %
Algo más informado	34	42.5 %	100.0 %

**Análisis:**

El sistema de monitoreo ha incrementado significativamente el nivel de información disponible para los residentes sobre la calidad del agua. De acuerdo con los datos recolectados, el 100% de los participantes indicó un aumento en su nivel de conocimiento: el 57.5% se sintió "Mucho más informado" y el 42.5% "Algo más informado" que antes de la implementación del sistema. Este aumento en la información facilita una mayor conciencia y capacidad para responder proactivamente a las condiciones del agua en su entorno.

Pregunta 4: Frecuencia de consulta de la información del sistema de monitoreo

**Tabla 9:** Resultados de la encuesta de la pregunta 4

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Mucho más frecuentemente	41	51.2 %	51.2 %
Algo más frecuentemente	39	48.8 %	100.0 %

**Análisis:**

La implementación del sistema de monitoreo ha resultado en un incremento notable en la frecuencia con la que los residentes acceden a la información sobre la calidad del agua. Este incremento refleja una participación más activa y un compromiso creciente con el uso del sistema de monitoreo, factores esenciales para una gestión eficaz y proactiva del recurso hídrico. La distribución casi equitativa de las respuestas, con un 51.2% indicando que consultan la información "mucho más frecuentemente" y un 48.8% "algo más frecuentemente", evidencia una adopción amplia y efectiva del sistema en toda la comunidad. Esta tendencia demuestra no solo un mayor interés y

preocupación por la calidad del agua, sino también la utilidad percibida del sistema de monitoreo como herramienta valiosa para la toma de decisiones informadas relacionadas con el agua.

Pregunta 5: Confianza en los datos proporcionados por el sistema de monitoreo

**Tabla 10:** *Resultados de la encuesta de la pregunta 5*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Mucho más confiable	42	52.5 %	52.5 %
Algo más confiable	38	47.5 %	100.0 %

Análisis:

La confianza en los datos proporcionados por el sistema de monitoreo ha aumentado notablemente, con todos los encuestados, teniendo como respuesta que el 52.5% respondió “Mucho más confiable” y el 47.5% respondió “Algo más confiable”, reportando una mayor confiabilidad en la información recibida. Este incremento en la confianza es esencial para la aceptación y efectividad continua del sistema de monitoreo, ya que permite a los usuarios tomar decisiones basadas en datos fiables y precisos.

Pregunta 6: Influencia del Sistema de Monitoreo en el Comportamiento de Gestión del Agua

Tabla 6: Influencia del sistema de monitoreo en el comportamiento y gestión del agua

**Tabla 11:** *Resultados de la encuesta de la pregunta 6*

<b>Respuesta</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>% del Total</b>	<b>% Acumulado</b>
Mejorado significativamente	43	53.8 %	53.8 %
Mejorado moderadamente	37	46.3 %	100.0 %

Análisis:

El 53,8% de los encuestados afirmó un alto nivel de cambio en la gestión

del agua, mientras que el 46,3% consideró una mejora moderada. Este cambio de comportamiento dice mucho sobre el papel indispensable que desempeña la tecnología en la evolución de la gestión del agua hacia un proceso más eficaz y consciente. Estos resultados señalan la gran importancia de las soluciones tecnológicas en la optimización de los recursos hídricos y la mejora continua.

Pregunta 7: Adopción de medidas correctivas basadas en las alertas del sistema de monitoreo

**Tabla 12:** Resultados de la encuesta de la pregunta 7

Respuesta	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Sí, muchas más veces	47	58.8 %	58.8 %
Sí, algunas veces má	33	41.3 %	100.0 %

Análisis:

La respuesta de los residentes a las alertas del sistema de monitoreo demuestra una actitud responsable y proactiva. Con un 58.8% de los participantes indicando que reaccionan "muchas más veces" y un 41.3% "algunas veces más", es evidente que el sistema de alerta motiva a los residentes a mantener un monitoreo continuo de la calidad del agua en sus hogares o comunidades. Este compromiso con la supervisión constante es fundamental para desarrollar una conciencia continua sobre la condición del agua.

Pregunta 8: Deseo de implementación permanente del sistema de monitoreo

**Tabla 13:** Resultados de la encuesta de la pregunta 8.

Respuesta	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Definitivamente sí	42	52.5 %	52.5 %
Probablemente sí	38	47.5 %	100.0 %

Análisis:



La gran mayoría de los encuestados desea que el sistema de monitoreo sea implementado de manera permanente en su comunidad. Con un 52.5% de los participantes expresando un "Definitivamente sí" y un 47.5% un "Probablemente sí", se refleja claramente la valoración positiva y el aprecio por el sistema. Esta sólida aprobación no solo destaca el éxito y la aceptación del sistema entre los usuarios, sino que también subraya su impacto beneficioso y potencialmente duradero en la comunidad.

Los hallazgos de esta investigación demuestran la eficacia del sistema de monitoreo basado en sensores y redes neuronales artificiales en monitorear la calidad del agua y en aumentar la conciencia y participación de la comunidad en La Unión, Piura. La uniformidad en la calidad del agua a través de diferentes barrios y la mejora significativa en la percepción y gestión de la calidad del agua subrayan el potencial de los sistemas tecnológicos avanzados para abordar problemas de calidad del agua en comunidades similares.

Además de los análisis ANOVA mencionados, se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas para asegurar la adecuación de las técnicas estadísticas empleadas.

## IV. DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan y sintetizan los resultados obtenidos en la investigación sobre el sistema de monitoreo de la calidad del agua en La Unión, Piura, haciendo comparaciones con estudios anteriores y teorías relacionadas para comprender mejor las coincidencias y divergencias observadas. Además, se discuten las razones metodológicas que podrían explicar estas diferencias, destacando las mejoras y aportes únicos de este estudio.

### Discusión del Objetivo 1: Monitoreo de la Calidad Química del Agua

Los resultados evidencian que el sistema de monitoreo basado en sensores y redes neuronales artificiales ha logrado monitorear eficientemente los parámetros químicos del agua para el consumo humano. Este hallazgo es consistente con los estudios previos que demuestran la efectividad de la tecnología de sensores en tiempo real, como el trabajo de [11]. Sin embargo, la incorporación de redes neuronales artificiales representa una mejora significativa sobre los sistemas tradicionales, permitiendo no solo la detección sino también la predicción y la respuesta proactiva a cambios en la calidad del agua, lo que aumenta la capacidad de anticipación y gestión de riesgos.

La incorporación de redes neuronales artificiales representa una mejora significativa sobre los sistemas tradicionales. Estos sistemas no solo permiten la detección, sino la respuesta proactiva a cambios en la calidad del agua, aumentando así la capacidad de anticipación y gestión de riesgos. Esto es consistente con los hallazgos de [9], quienes desarrollaron un sistema de alerta temprana basado en sensores en línea y aprendizaje automático para asegurar el suministro de agua potable en ciudades inteligentes [9]. Además, [13] utilizaron un modelo de inteligencia artificial robusto para predecir la calidad del agua en sistemas complejos, subrayando la importancia de las técnicas de aprendizaje automático en la gestión de recursos hídricos [13]. [8] también han demostrado cómo el uso de AutoML y técnicas de AI explicables pueden mejorar significativamente la predicción de la calidad del agua.

Otros estudios,[17] han explorado el uso de inteligencia artificial para el

monitoreo y modelado de parámetros de calidad del agua, destacando la robustez de estas técnicas en la gestión de recursos hídricos. También, [5] evaluaron la calidad del agua en el río Zhob en Pakistán, utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores, lo que demuestra la importancia de la monitorización detallada y específica de la calidad del agua

#### Discusión del Objetivo 2: Monitoreo de los Parámetros Físicos del Agua

El monitoreo de parámetros físicos como la temperatura y la turbidez ha confirmado la capacidad de los sistemas IoT para detectar y alertar sobre anomalías. Estos resultados apoyan las conclusiones de [13] sobre la importancia de la monitorización precisa y en tiempo real. Un aporte distintivo de este estudio es la integración de alertas automatizadas que se activan cuando los parámetros físicos alcanzan umbrales críticos, mejorando la respuesta inmediata y la gestión preventiva, un avance notable en comparación con sistemas que solo registran y reportan datos.

Otros autores también han explorado enfoques innovadores para el monitoreo de parámetros físicos. Por ejemplo, [12] discutieron un esquema de monitoreo inteligente de la calidad del agua basado en inteligencia conectada, destacando la importancia de la conectividad y la inteligencia artificial en la detección y gestión de parámetros críticos [12]. Asimismo, [17] han explorado el uso de inteligencia artificial para el monitoreo y modelado de parámetros de calidad del agua, destacando la robustez de estas técnicas en la gestión de recursos hídricos. También, [5] evaluaron la calidad del agua en el río Zhob en Pakistán, utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores, lo que demuestra la importancia de la monitorización detallada y específica de la calidad del agua.

Además, la revisión de [6] sobre redes de sensores inalámbricos para el monitoreo de la calidad del agua subraya la importancia de estas tecnologías en la gestión eficiente y eficaz de la calidad del agua.

Al comparar estos hallazgos con la literatura existente de los autores [13] y [11], se observa una alineación con la tendencia hacia la automatización y la

digitalización en la gestión de recursos hídricos. Sin embargo, este estudio destaca por su enfoque en la adaptabilidad y personalización del sistema de monitoreo para atender las necesidades específicas de La Unión, Piura. Este enfoque adaptativo permite que el sistema sea más efectivo y sensible a las variaciones locales, lo que es una mejora significativa respecto a los enfoques más genéricos y menos flexibles discutidos en estudios anteriores.

Una de las principales mejoras introducidas por esta investigación es la integración de un modelo de redes neuronales que se ajusta dinámicamente a los patrones de datos actuales, permitiendo monitorizar las condiciones de la calidad del agua. Este aporte metodológico es especialmente valioso en áreas con variabilidad ambiental significativa, ya que proporciona una herramienta robusta para la gestión proactiva de la calidad del agua.

Además, el trabajo de la OMS proporciona guías claras y detalladas para la calidad del agua de consumo humano, lo que refuerza la importancia de mantener estándares elevados para asegurar la salud pública [19]. La crisis de agua en Perú documentada por Water.org también subraya la urgencia de implementar sistemas eficaces de monitoreo y gestión de la calidad del agua para abordar problemas críticos de salud y sostenibilidad [18].

## V. CONCLUSIONES

Objetivo 1: Monitorear la calidad química del agua mediante la aplicación móvil con sensores y redes neuronales artificiales.

Se concluyó que el sistema de monitoreo implementado fue efectivo para medir los parámetros químicos del agua como el pH y los sólidos disueltos totales (TDS). Los valores de pH obtenidos oscilaron entre 5.71 y 6.43, lo cual se encuentra fuera del rango aceptable para el consumo humano según los estándares internacionales. Asimismo, los niveles de TDS promediaron 493.64 ppm, superando los límites recomendados e indicando una cantidad significativa de sólidos disueltos en el agua. Estos hallazgos evidenciaron la necesidad de intervenciones adicionales para garantizar un suministro de agua química y sanitariamente apta para el consumo humano en la comunidad de La Unión.

Objetivo 2: Monitorear los parámetros físicos del agua mediante la aplicación móvil con sensores y redes neuronales artificiales.

Se logró monitorear eficazmente los parámetros físicos del agua, como la temperatura y la turbidez, mediante el sistema implementado. La temperatura promedio de 22.462°C se consideró favorable para evitar el crecimiento bacteriano. En cuanto a la turbidez, se registraron niveles bajos, con un rango entre 0 y 0.500 NTU, lo que indica una claridad del agua aceptable pero no óptima según los estándares internacionales. Estos resultados demostraron la capacidad del sistema para detectar y alertar sobre anomalías en los parámetros físicos del agua, lo que contribuye a una gestión preventiva y a la respuesta inmediata ante posibles riesgos.

Mejora en la percepción de la calidad del agua:

Se observó una mejora en la percepción de los pobladores sobre la calidad del agua, comparativamente después de la implementación del sistema de monitoreo. Este cambio positivo refleja el valor del sistema para mejorar la confianza y la satisfacción de la comunidad con la calidad del agua disponible para ellos.

Se resaltan la efectividad del sistema de monitoreo basado en sensores y redes neuronales artificiales para evaluar tanto los parámetros químicos como físicos del agua en la comunidad de La Unión. Si bien se identificaron áreas que requieren mejoras adicionales, los resultados obtenidos sentaron las bases para un monitoreo continuo y preciso de la calidad del agua, lo que es fundamental para garantizar un suministro seguro y apto para el consumo humano.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar el tamaño de la muestra y extender el área geográfica de estudio a otras comunidades de la región, con el fin de obtener resultados más generalizables y representativos de la calidad del agua en la zona. Esto permitiría una evaluación más completa del impacto del sistema de monitoreo en diferentes contextos (Ajakwe et al., 2022).

Futuros estudios deberían considerar la incorporación de métodos cualitativos adicionales, como grupos focales o entrevistas en profundidad, para obtener una comprensión más rica de las percepciones y experiencias de la comunidad con respecto al sistema de monitoreo y la calidad del agua (Conejeros Molina et al., 2021).

Se recomienda explorar la integración de técnicas de inteligencia artificial más avanzadas, como el aprendizaje profundo, en el sistema de monitoreo. Esto podría mejorar aún más la precisión y la capacidad predictiva del sistema, como lo sugieren los hallazgos de Madni et al. (2023) y Lu et al. (2023).

Se insta a las autoridades locales y regionales a implementar programas de educación comunitaria sobre la importancia de la calidad del agua y las medidas preventivas para garantizar un suministro seguro. Estos programas deben basarse en los resultados obtenidos y en las mejores prácticas identificadas en esta investigación (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Se recomienda a las empresas de suministro de agua potable y a las entidades reguladoras correspondientes, adoptar sistemas de monitoreo en tiempo real similares al implementado en este estudio, con el fin de garantizar un control continuo y efectivo de la calidad del agua en toda la región (Yaroshenko et al., 2020; Alizamir et al., 2023).

Se sugiere a las autoridades competentes establecer normas y regulaciones más estrictas para el control y monitoreo de la calidad del agua, tomando como referencia los estándares internacionales y los hallazgos de esta investigación. Esto contribuiría a salvaguardar la salud pública y promover el

desarrollo sostenible de las comunidades (Organización Mundial de la Salud, 2018; Karim et al., 2024).

Estas recomendaciones tienen como objetivo fortalecer el conocimiento científico en torno al monitoreo de la calidad del agua y proporcionar orientaciones prácticas para abordar de manera efectiva las problemáticas identificadas en este estudio, con el fin de garantizar un suministro de agua seguro y apto para el consumo humano en las comunidades.



## REFERENCIAS

- [1] U. N. Environment, «Monitoring water quality», UNEP - UN Environment Programme. Accedido: 26 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.unep.org/explore-topics/water/what-we-do/monitoring-water-quality>
- [2] «Peru's Water Crisis - Water In Peru», Water.org. Accedido: 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://water.org/our-impact/where-we-work/peru/>
- [3] A. Conejeros Molina *et al.*, «Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural», *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 42, n.º 3, pp. 60-70, dic. 2021.
- [4] I. Yaroshenko *et al.*, «Real-Time Water Quality Monitoring with Chemical Sensors», *Sensors (Basel)*, vol. 20, n.º 12, p. 3432, jun. 2020, doi: 10.3390/s20123432.
- [5] A. Karim, B. Hafeeza, S. Riaz, S. Khwaja, M.M. Shahzad, y A. Akhter, «Assessment of aquatic macro-invertebrates communities and water quality parameters of River Zhob, Balochistan, Pakistan», *Brazilian Journal of Biology*, vol. 84, 2024, doi: 10.1590/1519-6984.265234.
- [6] G. A. L. Ramirez y A. Aragon-Zavala, «Wireless Sensor Networks for Water Quality Monitoring: A comprehensive review», *IEEE Access*, pp. 1-1, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3308905.
- [7] X. Su, L. Sutarlie, y X. J. Loh, «Sensors, Biosensors, and Analytical Technologies for Aquaculture Water Quality», *Research (Wash D C)*, vol. 2020, p. 8272705, 2020, doi: 10.34133/2020/8272705.
- [8] Hamza Ahmad Madni *et al.*, «Water-Quality Prediction Based on H 2 O AutoML and Explainable AI Techniques», *Water (20734441)*, vol. 15, n.º 3, p. 475, feb. 2023, doi: 10.3390/w15030475.
- [9] H. Lu *et al.*, «Securing drinking water supply in smart cities: an early warning system based on online sensor network and machine learning», *Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, vol. 72, n.º 5, pp. 721-738, 2023, doi: 10.2166/aqua.2023.007.
- [10] X. Su, L. Sutarlie, y X. J. Loh, «Sensors, Biosensors, and Analytical Technologies for Aquaculture Water Quality», *Research (Wash D C)*, vol. 2020, p. 8272705, feb. 2020, doi: 10.34133/2020/8272705.
- [11] I. Yaroshenko *et al.*, «Real-Time Water Quality Monitoring with Chemical Sensors», *Sensors*, vol. 20, n.º 12, Art. n.º 12, ene. 2020, doi: 10.3390/s20123432.
- [12] S.O. Ajakwe, I.U. Ajakwe, T. Jun, D.-S. Kim, y J.-M. Lee, «CIS-WQMS: Connected intelligence smart water quality monitoring scheme», *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 23, 2023, doi: 10.1016/j.iot.2023.100800.
- [13] Meysam Alizamir *et al.*, «Investigating Landfill Leachate and Groundwater Quality Prediction Using a Robust Integrated Artificial Intelligence Model: Grey Wolf Metaheuristic Optimization Algorithm and Extreme Learning Machine», *Water (20734441)*, vol. 15, n.º 13, p. 2453, jul. 2023, doi: 10.3390/w15132453.
- [14] Fahad Alshehri y Atiqur Rahman, «Coupling Machine and Deep Learning with Explainable Artificial Intelligence for Improving Prediction of Groundwater Quality and Decision-Making in Arid Region, Saudi Arabia», *Water (20734441)*, vol. 15, n.º 12, p. 2298, jun. 2023, doi: 10.3390/w15122298.

- [15] Sobina Gujral Duggal, Robina Bagga, y Alok Mishra, «Water Level & Quality Monitoring using AI», *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, vol. 12, n.º 10, pp. 5657-5664, dic. 2021.
- [16] Daniel Saboe *et al.*, «Real-time monitoring and prediction of water quality parameters and algae concentrations using microbial potentiometric sensor signals and machine learning tools», *Science of The Total Environment*, vol. 764, p. 142876, abr. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142876.
- [17] D.P.M.A. Omar, G. Hayder, y Y.-T. Hung, «Monitoring and modelling of water quality parameters using artificial intelligence», *International Journal of Environment and Waste Management*, vol. 31, n.º 4, pp. 525-533, 2023, doi: 10.1504/IJEWMM.2023.131153.
- [18] Organización Mundial de la Salud, *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*, 4a ed + 1a adenda. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2018. Accedido: 3 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iris.who.int/handle/10665/272403>
- [19] M. Di Lorenzo, A. R. Thomson, K. Schneider, P. J. Cameron, y I. Ieropoulos, «A small-scale air-cathode microbial fuel cell for on-line monitoring of water quality», *Biosensors and Bioelectronics*, vol. 62, pp. 182-188, dic. 2014, doi: 10.1016/j.bios.2014.06.050.

## ANEXOS

### Anexo 1. Tablas de operacionalización de variables:

**Tabla 14:** *Matriz de Operacionalización de variables*

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Medición de la Calidad del Agua para Consumo Humano	La calidad del agua es una noción teórica crucial, definida por varios elementos que determinan su idoneidad para distintos usos (potable, agrícola, industrial, recreativo). Los parámetros y criterios de valoración fluctúan y se moldean conforme a las necesidades particulares de cada categoría de agua, ofreciendo un enfoque polifacético. Así como parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el fin de asegurar que el agua sea segura para el consumo y otros usos domésticos, minimizando los riesgos para la salud, (Organización Mundial de la Salud (OMS))	La calidad del agua para consumo humano se caracteriza por la ausencia, o presencia en niveles aceptables y seguros conforme a estándares internacionales de contaminantes potencialmente dañinos a la salud. Estos contaminantes incluyen, pero no se limitan a, agentes patógenos (bacterias, virus, y protozoos), metales pesados (como plomo y mercurio), compuestos orgánicos y sustancias tóxicas.	Calidad Química	Niveles de pH. Presencia de sólidos disueltos.	Logarítmica
			Parámetros Físicos	Medición: Escala logarítmica de 0 a 14, donde 7 es aceptable; PPM.  Temperatura. Turbidez. Medición: Celsius; NTU.	Razón  Escala de Intervalo.  Escala de razón.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 15. Matriz de Operacionalización de variables**

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Sistema de Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Aplicación Móvil	Una aplicación móvil con sensores y redes neuronales artificiales es una aplicación que utiliza los sensores de un dispositivo móvil para recopilar datos del entorno y luego utiliza una red neuronal artificial para procesar estos datos y generar una respuesta. (Rojas-Sanz, L. P., García-Alvarado, A. E., y Pérez-Rodríguez, E. M. 2022)	Aplicación desarrollada para dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes o tabletas, en combinación con redes neuronales artificiales y sensores se puede para realizar diversas funciones avanzadas, una de estas es la implementación de un sistema de monitoreo de calidad del agua.	Opinión de la comunidad	Satisfacción con el sistema de monitoreo. Confiabilidad del sistema. Utilidad de las alertas.	Ordinal

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

**Ficha de Observación para la Calidad del Agua**

Fecha de Observación: \_\_\_\_\_  
Hora de Observación: \_\_\_\_\_  
Ubicación (Dirección exacta o coordenadas): \_\_\_\_\_  
Barrio/Comunidad: \_\_\_\_\_

**Sección 1: Datos del Observador**

Nombre del Observador: \_\_\_\_\_  
Notas del Observador (condiciones del sitio, etc.):  
\_\_\_\_\_

**Sección 2: Datos de Calidad del Agua**

1. pH
  - Valor Registrado: \_\_\_\_\_
  - Fecha y Hora de la Medición: \_\_\_\_\_
  - Método de Detección (especificar modelo del sensor): \_\_\_\_\_
  
2. Turbidez (NTU)
  - Valor Registrado: \_\_\_\_\_
  - Fecha y Hora de la Medición\* \_\_\_\_\_
  - Método de Detección (especificar modelo del sensor): \_\_\_\_\_
  
3. TDS (ppm)
  - Valor Registrado: \_\_\_\_\_
  - Fecha y Hora de la Medición: \_\_\_\_\_
  - Método de Detección (especificar modelo del sensor): \_\_\_\_\_
  
4. Temperatura (°C)
  - Valor Registrado: \_\_\_\_\_
  - Fecha y Hora de la Medición: \_\_\_\_\_
  - Método de Detección (especificar modelo del sensor): \_\_\_\_\_

**Sección 3: Observaciones Adicionales**

Comentarios Generales (incluyendo cualquier incidencia o anomalía observada):  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Firma del Observador

## Encuesta Sobre la Percepción de la Calidad del Agua Durante

Consentimiento Informado:

- Acepto participar en esta encuesta.
- No acepto participar en esta encuesta. (Si se selecciona esta opción, la encuesta termina aquí).

### Datos Demográficos

1. Edad: \_\_\_\_\_
2. Género:
  - Masculino
  - Femenino
  - Otro
  - Prefiero no decirlo
3. Barrio/Comunidad de Residencia: \_\_\_\_\_

### Preguntas Comparativas sobre la Percepción del Agua

4. Antes de la implementación del sistema IoT, ¿cómo percibía la calidad del agua en términos de seguridad y salud?
  - Excelente
  - Buena
  - Regular
  - Pobre
  - Muy pobre
5. Durante el período de prueba del sistema IoT, comparado con antes, ¿cómo percibe ahora la calidad del agua en términos de seguridad y salud?
  - Mucho mejor
  - Algo mejor
  - Sin cambio
  - Algo peor
  - Mucho peor
6. ¿Cómo ha cambiado su nivel de información sobre la calidad del agua desde la implementación del sistema IoT?
  - Mucho más informado
  - Algo más informado
  - Sin cambio
  - Menos informado
  - Mucho menos informado
7. ¿Con qué frecuencia consultó la información proporcionada por el sistema de monitoreo IoT durante la implementación temporal, comparado con su interés previo en datos sobre la calidad del agua?
  - Mucho más frecuentemente
  - Algo más frecuentemente

- Sin cambio
- Menos frecuentemente
- Nunca antes me interesó

8. En términos de confianza, comparado con antes, ¿cómo calificaría la precisión de los datos proporcionados por el sistema de monitoreo IoT durante la implementación?

- Mucho más confiable
- Algo más confiable
- Sin cambio
- Menos confiable
- Mucho menos confiable

9. ¿Cómo ha influenciado la información del sistema de monitoreo IoT en su comportamiento y gestión del agua durante el período de prueba, comparado con antes?

- Mejorado significativamente
- Mejorado moderadamente
- Sin efecto
- Empeorado moderadamente
- Empeorado significativamente

10. ¿Tomó alguna medida correctiva basada en las alertas del sistema de monitoreo durante el período de prueba, y cómo compara esto con su comportamiento anterior?

- Sí, muchas más veces
- Sí, algunas veces más
- Igual que antes
- Menos veces que antes
- Antes no era necesario / no había sistema

11. ¿Le gustaría que este sistema de monitoreo IoT se implementara de manera permanente en su comunidad?

- Definitivamente sí
- Probablemente sí
- No estoy seguro/a
- Probablemente no
- Definitivamente no

### Anexo 3. Ficha Técnica de instrumentos de recolección de datos

**Tabla 16. Ficha técnica para la ficha de observación**

Nombre de la Prueba:	Ficha de Observación para la Medición de la Calidad del Agua.
Autor:	Ayala García Wilmer Jean Pierre, Puelles García Jesús Miguel.
Procedencia:	Universidad Cesar Vallejo - Piura.
Administración:	El equipo de investigación completará la ficha tras la recolección y análisis de las muestras de agua, utilizando sensores.
Tiempo de aplicación:	2 horas.
Ámbito de aplicación:	La ficha será aplicada en las viviendas de 4 barrios en la Comunidad de La Unión en Piura, para evaluar la calidad del agua.
Criterios de selección:	Residentes mayores a 18 años de edad.
Significación:	Composición de la Escala: La ficha tiene una variedad de ítems que medirán varios parámetros de calidad del agua. Será dividida en dimensiones (físicas, químicas y biológicas del agua). Objetivo de medición: utilizando tecnología de sensores y redes neuronales artificiales con interfaz móvil para procesar y presentar datos, evaluar la calidad del agua para consumo humano en las viviendas de la comunidad de La Unión en Piura.

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 17. Ficha técnica para la encuesta**

Nombre de la Prueba:	Encuesta para el conocimiento de la opinión frente a la alerta sobre la salubridad del agua para consumo humano de la población de estos barrios.
Autora:	Ayala García Wilmer Jean Pierre, Puelles García Jesús Miguel.
Procedencia:	Universidad Cesar Vallejo - Piura.
Administración:	La persona encuestada completará las preguntas respectivas del formulario.
Tiempo de aplicación:	15 min.
Criterios de selección:	Residentes mayores a 18 años de edad.
Ámbito de aplicación:	La encuesta será aplicada a una persona de cada vivienda de los 4 barrios en la Comunidad de La Unión en Piura, para evaluar su opinión frente a la alerta de la salubridad del agua.
Significación:	Composición de la Escala: La encuesta tiene una variedad de ítems que medirán varios parámetros del impacto de la aplicación móvil con sensores y Redes Neuronales Artificiales. Será dividida en dimensiones (opinión de la comunidad, acciones tomadas en respuesta a las alertas). Objetivo de medición: Una vez



	medido la calidad del agua, la persona será encuestada y evaluada.
--	--

Fuente: elaboración propia.

#### Anexo 4. Matriz de consistencia

Problema	Preguntas específicas	Hipótesis	Objetivo General	Objetivos específicos	VARIABLES	Objeto estudio
¿Cuál es el impacto de alertar mediante un monitoreo continuo basado en sensores, Redes Neuronales Artificiales e Interfaz Móvil sobre la calidad del agua para consumo humano en las viviendas de La Unión?	¿Como la Calidad química puede ser medida mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales?	La implementación del monitoreo de la calidad del agua con sensores y Redes Neuronales Artificiales con interfaz móvil tiene un impacto positivo y significativo en la alerta temprana sobre la calidad del agua para consumo humano a la comunidad de La Unión, Piura.	Determinar el impacto de la alerta de un monitoreo continuo basado en sensores, Redes Neuronales Artificiales e Interfaz Móvil sobre la calidad del agua para el consumo humano en las viviendas de La Unión.	Monitorear la Calidad química del agua medida mediante la Aplicación móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales	Aplicación móvil con Sensores e Redes Neuronales Artificiales	Calidad de agua para Consumo Humano
	¿Como los parámetros físicos puede ser medida mediante la Aplicación móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales?	La interfaz móvil es una herramienta efectiva para que los usuarios accedan a los datos de calidad del agua.			Monitorear los parámetros físicos del agua mediante la Aplicación Móvil con Sensores y Redes Neuronales Artificiales	Calidad del Agua para Consumo Humano

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 5: Modelo del consentimiento o asentimiento informado UCV.

### Consentimiento Informado (\*)

Título de la investigación: Monitoreo de Calidad del Agua, Implementando Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil en La Unión, Piura, 2024.

Investigadores: Ayala García Wilmer Jean Pierre, Puelles García Jesús Miguel.

#### Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Monitoreo de Calidad del Agua, Implementando Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil en La Unión, Piura, 2024", cuyo objetivo es determinar el impacto de la alerta de un monitoreo continuo basado en sensores, Redes Neuronales Artificiales e Interfaz Móvil sobre la calidad del agua para el consumo humano en las viviendas de La Unión. Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pregrado de la carrera profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad César Vallejo del campus Piura.

Describir el impacto del problema de la investigación.

Al aplicar estas técnicas de recolección de datos, el proyecto aborda de manera integral el problema de la calidad del agua para consumo humano, combinando datos objetivos y subjetivos para obtener una comprensión completa de la situación. Esto no solo permite implementar soluciones basadas en evidencia, sino que también fomenta la participación comunitaria y la conciencia sobre la importancia de la calidad del agua, contribuyendo a mejoras sostenibles en la salud y el bienestar de la comunidad.

#### Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará la instalación el sistema de monitoreo de la calidad del agua en la vivienda para su debida observación y recolección de los resultados.
2. Se realizará una encuesta donde se recogerán datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada: "Monitoreo de Calidad del Agua, Implementando Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil en La Unión, Piura, 2024".
3. Esta instalación y la aplicación de la encuesta tendrá un tiempo aproximado de 2 horas y se realizará en su vivienda. Las respuestas al cuestionario serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

#### Participación voluntaria (principio de autonomía):

Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea

continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que **NO** existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigador Ayala García Wilmer Jean Pierre y Puelles García Jesús Miguel email: [jayalaga@ucvvirtual.edu.com](mailto:jayalaga@ucvvirtual.edu.com), [jpuellesqa@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpuellesqa@ucvvirtual.edu.pe).

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos: Lucia Ayala Puigaca  
Fecha y hora: 02/10/2023



continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que **NO** existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigador Ayala García Wilmer Jean Pierre y Puelles García Jesús Miguel email: [javalaga@ucvvirtual.edu.com](mailto:javalaga@ucvvirtual.edu.com), [jpuellesga@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpuellesga@ucvvirtual.edu.pe).

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos: Axel Ranga Ayala  
Fecha y hora: 02.10.23

continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que **NO** existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigador Ayala García Wilmer Jean Pierre y Puelles García Jesús Miguel email: [jayalaga@ucvvirtual.edu.com](mailto:jayalaga@ucvvirtual.edu.com), [jpuellesqa@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpuellesqa@ucvvirtual.edu.pe).

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos: A. Nay. Galecio P.  
Fecha y hora: 27/10/23



continuar puede hacerlo sin ningún problema.

**Riesgo (principio de No maleficencia):**

Indicar al participante la existencia que **NO** existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

Los datos recolectados deben ser anónimos y no tener ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:**

Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigador Ayala García Wilmer Jean Pierre y Puelles García Jesús Miguel email: [jayalaga@ucvvirtual.edu.com](mailto:jayalaga@ucvvirtual.edu.com), [jpuellesga@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpuellesga@ucvvirtual.edu.pe).

**Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo participar en la investigación antes mencionada.

Nombre y apellidos: Rosa Pineda G.

Fecha y hora: 01/10/23

## Anexo 6: Reporte de similitud en Software Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome  
ev.turnitin.com/app/carta/es/?ro=103&u=1088032488&o=2414413015&lang=es&s=1

feedback studio WILMER JEAN PIERRE AYALA GARCIA Calidad del Agua mediante Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil: Estudio en La Unión, Piura, 2024 /100 1 de 5

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Calidad del Agua mediante Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Interfaz Móvil: Estudio en La Unión, Piura, 2024

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
Ingeniero de Sistemas

**AUTORES:**  
Ayala Garcia, Wilmer Jean Pierre (orcid.org/0000-0003-4965-9853)  
Puelles Garcia, Jesús Miguel (orcid.org/0000-0002-9691-889X)

**ASESOR:**  
M. Sc. Távora Ramos, Antony Paul (orcid.org/0000-0002-4159-930X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Sistemas la Información Y Comunicaciones

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**  
Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

PIURA — PERÚ  
2024

**Resumen de coincidencias**

**18 %**

Se están viendo fuentes estándar

EN Ver fuentes en inglés

Coincidencias

Número	Fuente	Porcentaje
1	www.cepis.org.pe Fuente de Internet	2 %
2	es.scribd.com Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
7	www.iniciativadeaces... Fuente de Internet	<1 %
8	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
9	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %

Página: 1 de 32 Número de palabras: 8268 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado 15:43 9/07/2024



## Anexo 7: Resultado de confiabilidad

**Tabla 18.** Alfa de Cronbach

Estadísticas de Fiabilidad de Escala	
Alfa de Cronbach	
escala	0.904

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 8: Evaluación por juicio de expertos

### Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar los instrumentos “fichaje y cuestionario-encuesta”. La evaluación de los instrumentos es de gran relevancia para lograr que sean válidos y que los resultados obtenidos a partir de estos sean utilizados eficientemente; aportando al que hacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

#### 1. Datos generales del juez

Nombre del juez:	HAROLD LINCOLN RODRÍGUEZ RIVERA		
Grado profesional:	Maestría (X)	Doctor	( )
Área de formación académica:	Clínica ( )	Social	( )
	Educativa (X)	Organizacional	( )
Áreas de experiencia profesional:	Desarrollo de software		
Institución donde labora:	Universidad César Vallejo		
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años	( )	
	Más de 5 años	(X)	
Experiencia en Investigación Psicométrica: (si corresponde)	Trabajo(s) psicométricos realizados		
	Título del estudio realizado.		

#### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

#### 3. Datos de la escala (Colocar nombre de la escala, cuestionario o inventario)

Nombre de la Prueba:	Ficha de Observación para la Medición de la Calidad del Agua.
Autor:	Ayala García Wilmer Jean Pierre, Puelles García Jesús Miguel.
Procedencia:	Universidad Cesar Vallejo - Piura.
Administración:	El equipo de investigación completará la ficha tras la recolección y análisis de las muestras de agua, utilizando sensores.
Tiempo de aplicación:	2 horas.
Ámbito de aplicación:	La ficha será aplicada en las viviendas de 4 barrios en la Comunidad de La Unión en Piura, para evaluar la calidad del agua.
Significación:	Composición de la Escala: La ficha tiene una variedad de ítems que medirán varios parámetros de calidad del agua. Será dividida en dimensiones (físicas, químicas del agua). Objetivo de medición: utilizando tecnología de sensores y redes neuronales artificiales con interfaz móvil para procesar y presentar datos, evaluar la calidad del agua para consumo humano en las viviendas de la comunidad de La Unión en Piura.

#### 4. **Soporte teórico**

(describir en función al modelo teórico)

Escala/ÁREA	Subescala (dimensiones)	Definición
Medición de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Calidad Química. Parámetros Físicos	La calidad del agua para consumo humano se caracteriza por la ausencia, o presencia en niveles aceptables y seguros conforme a estándares internacionales de contaminantes potencialmente dañinos a la salud. Estos contaminantes incluyen, pero no se limitan a, metales pesados y sustancias tóxicas.
Sistema de Sensores y Redes Neuronales Artificiales con Aplicación Móvil	Opinión de la comunidad	Aplicación desarrollada para dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes o tabletas, en combinación con redes neuronales artificiales y sensores se puede para realizar diversas funciones avanzadas, una de estas es la implementación de un sistema de monitoreo de calidad del agua.

#### 5. **Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, a usted le presento el cuestionario y la ficha elaborados por Ayala García Wilmer Jean Pierre y Puelles García Jesús Miguel en el año 2023 De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
-----------	--------------	-----------

<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial lo importante, es decir debe ser incluido	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brinde sus observaciones que considere pertinente.

1. No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

- Segunda dimensión: Calidad Química

- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Niveles de pH	Resultado: _____	4	4	4	
	Método de Detección: _____				

- Segunda dimensión: Parámetros Físicos
- Objetivos de la Dimensión: (describa lo que mide el instrumento).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Temperatura	Temperatura del Agua (°C): _____	4	4	4	
Turbidez	Turbidez (NTU): _____	4	4	4	
Total de sólidos disueltos	TDS (ppm): _____	4	4	4	

Dimensiones del instrumento: Encuesta

- Primera dimensión: Opinión de la comunidad
- Objetivos de la Dimensión: (Escala Ordinal).

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones/ Recomendaciones
Satisfacción con el sistema de monitoreo	Antes de la implementación del sistema IoT, ¿cómo percibía la calidad del agua en términos de seguridad y salud? - [ ] Excelente - [ ] Buena - [ ] Regular	4	4	4	

	<input type="checkbox"/> Pobre <input type="checkbox"/> Muy pobre				
	Durante el período de prueba del sistema IoT, comparado con antes, ¿cómo percibe ahora la calidad del agua en términos de seguridad y salud? <input type="checkbox"/> Mucho mejor <input type="checkbox"/> Algo mejor <input type="checkbox"/> Sin cambio <input type="checkbox"/> Algo peor <input type="checkbox"/> Mucho peor	4	4	4	
	¿Cómo ha cambiado su nivel de información sobre la calidad del agua desde la implementación del sistema IoT? <input type="checkbox"/> Mucho más informado <input type="checkbox"/> Algo más informado <input type="checkbox"/> Sin cambio <input type="checkbox"/> Menos informado <input type="checkbox"/> Mucho menos informado	4	4	4	
Confiabilidad del sistema	¿Con qué frecuencia consultó la información proporcionada por el sistema de monitoreo IoT durante la implementación temporal, comparado con su interés previo en datos sobre la calidad del agua? <input type="checkbox"/> Mucho más frecuentemente <input type="checkbox"/> Algo más frecuentemente <input type="checkbox"/> Sin cambio <input type="checkbox"/> Menos frecuentemente <input type="checkbox"/> Nunca antes me interesó	4	4	4	

	<p>En términos de confianza, comparado con antes, ¿cómo calificaría la precisión de los datos proporcionados por el sistema de monitoreo IoT durante la implementación?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <input type="checkbox"/> Mucho más confiable</li> <li>- <input type="checkbox"/> Algo más confiable</li> <li>- <input type="checkbox"/> Sin cambio</li> <li>- <input type="checkbox"/> Menos confiable</li> <li>- <input type="checkbox"/> Mucho menos confiable</li> </ul>	4	4	4	
	<p>¿Cómo ha influenciado la información del sistema de monitoreo IoT en su comportamiento y gestión del agua durante el período de prueba, comparado con antes?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <input type="checkbox"/> Mejorado significativamente</li> <li>- <input type="checkbox"/> Mejorado moderadamente</li> <li>- <input type="checkbox"/> Sin efecto</li> <li>- <input type="checkbox"/> Empeorado moderadamente</li> <li>- <input type="checkbox"/> Empeorado significativamente</li> </ul>	4	4	4	
Utilidad de las alertas	<p>¿Tomó alguna medida correctiva basada en las alertas del sistema de monitoreo durante el período de prueba, y cómo compara esto con su comportamiento anterior?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <input type="checkbox"/> Sí, muchas más veces</li> <li>- <input type="checkbox"/> Sí, algunas veces más</li> <li>- <input type="checkbox"/> Igual que antes</li> <li>- <input type="checkbox"/> Menos veces que</li> </ul>	4	4	4	

	<p>antes</p> <p>- <input type="checkbox"/> Antes no era necesario / no había sistema</p>				
	<p>¿Le gustaría que este sistema de monitoreo IoT se implementara de manera permanente en su comunidad?</p> <p>- <input type="checkbox"/> Definitivamente sí</p> <p>- <input type="checkbox"/> Probablemente sí</p> <p>- <input type="checkbox"/> No estoy seguro/a</p> <p>- <input type="checkbox"/> Probablemente no</p> <p>- <input type="checkbox"/> Definitivamente no</p>	4	4	4	




---

Firma del evaluador

DNI: 44025481

Anexo 9: Información de la revista científica

**Tabla 19.** Información de la revista científica donde se postulará el artículo proveniente de los resultados de la presente investigación.

<b>Título tentativo del artículo científico</b>	Tecnologías y Estrategias Avanzadas en el Monitoreo de la Calidad del Agua Potable: Una Revisión Sistemática Integral de la Literatura Científica
<b>Nombre de la revista a postular</b>	Sustainability
<b>URL de revista</b>	<a href="https://www.mdpi.com/journal/sustainability">https://www.mdpi.com/journal/sustainability</a>
<b>Base de datos de indización</b>	Scopus, SCIE (Web of Science), GEOBASE, GeoRef, Inspec, AGRIS, RePEc, CAPlus / SciFinder, entre otras
<b>Cuartil</b>	Q1 – Q2
<b>Idioma</b>	Inglés
<b>ISSN</b>	20711050
<b>h-index</b>	136

Fuente: elaboración propia.