



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

**EFFECTIVIDAD DEL BOMBEO CON ARIETE
HIDRÁULICO Y SU RELACIÓN CON LA
GESTIÓN AGRONÓMICA E HIDRÁULICA
DEL RIEGO EN LA MICROCUENCA MARIÑO,
APURÍMAC – 2023**

**EFFECTIVENESS OF HYDRAULIC RAM PUMPING AND ITS
RELATIONSHIP WITH AGRONOMIC AND HYDRAULIC
IRRIGATION MANAGEMENT IN THE MARIÑO MICRO-
BASIN, APURÍMAC – 2023**

Flavio Fuentes Guizado
Investigador independiente

Efectividad del bombeo con ariete hidráulico y su relación con la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño, Apurímac – 2023

Flavio Fuentes Guizado¹

flafuguicha23@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-4851-6681>

Investigador independiente

Apurímac- Perú

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la relación entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño, ubicada en la región Apurímac, Perú. Se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional, con un diseño no experimental y transversal. La muestra estuvo conformada por 81 agricultores seleccionados mediante muestreo probabilístico, a quienes se aplicaron fichas técnicas y cuestionarios validados. Los resultados evidenciaron una correlación positiva baja pero significativa ($r = 0.316$; $p < 0.05$) entre ambas variables, lo que demuestra que la eficiencia técnica del ariete hidráulico influye directamente en la racionalidad del uso del agua en los cultivos. La mayoría de los productores calificó la efectividad del bombeo como regular (80.2 %) y presentó niveles medios de gestión agronómica, observándose avances en el conocimiento sobre frecuencia y cantidad de riego. El sistema de bombeo con ariete hidráulico se confirma como una tecnología sostenible, viable y de bajo costo, adecuada para contextos rurales sin acceso a energía eléctrica. Asimismo, su implementación favorece la autosuficiencia hídrica y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles. Se concluye que la integración del bombeo hidráulico con la gestión agronómica e hidráulica constituye una estrategia efectiva para mejorar la productividad agrícola y fortalecer la resiliencia climática en zonas altoandinas.

Palabras clave: ariete hidráulico, eficiencia hidráulica, gestión del riego, sostenibilidad agrícola, microcuencas andinas.

¹ Autor principal

Correspondencia: flafuguicha23@gmail.com

Effectiveness of Hydraulic Ram Pumping and Its Relationship with Agronomic and Hydraulic Irrigation Management in the Mariño Micro-Basin, Apurímac – 2023

ABSTRACT

This study aimed to determine the relationship between the effectiveness of hydraulic ram pumping and agronomic and hydraulic irrigation management in the Mariño micro-basin, located in the Apurímac region of Peru. The research followed a quantitative, correlational, non-experimental, and cross-sectional design. The sample consisted of 81 farmers selected through probabilistic sampling, using validated technical records and structured questionnaires. The results showed a low but significant positive correlation ($r = 0.316$; $p < 0.05$) between the two variables, demonstrating that the technical efficiency of the hydraulic ram pump directly influences the rational use of irrigation water. Most producers rated the pumping effectiveness as fair (80.2 %) and displayed medium levels of agronomic management, with improvements observed in irrigation frequency and water-use awareness. The hydraulic ram pump proved to be a sustainable, viable, and low-cost technology suitable for rural contexts lacking access to electrical energy. Its implementation promotes water self-sufficiency and the adoption of sustainable agricultural practices. The study concludes that integrating hydraulic ram pumping with agronomic and hydraulic management is an effective strategy to enhance agricultural productivity and strengthen climate resilience in Andean highland regions.

Keywords: hydraulic ram pump, hydraulic efficiency, irrigation management, agricultural sustainability, Andean micro-basins.

Artículo recibido 10 septiembre 2025

Aceptado para publicación: 15 octubre 2025



INTRODUCCIÓN

El acceso y manejo eficiente del agua constituye uno de los desafíos más urgentes del siglo XXI, particularmente en regiones altoandinas donde la escasez hídrica amenaza la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las comunidades rurales. En este contexto, la disponibilidad del recurso hídrico, su aprovechamiento agrícola y la implementación de tecnologías sostenibles para el riego se han convertido en temas prioritarios para la investigación aplicada en ingeniería civil, hidráulica y medio ambiente (FAO, 2023; Bourguett et al., 2003).

Durante décadas se consideró al agua un recurso inagotable, pero los efectos del cambio climático, la degradación ambiental y las sequías recurrentes han transformado esa percepción (Paredes & Tuquinga, 2012). La irregularidad de las lluvias, la disminución de caudales en las cuencas y la sobreexplotación de fuentes superficiales y subterráneas han generado escenarios de vulnerabilidad hídrica, especialmente en los Andes peruanos (SENAMHI, 2023). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) advierte que los incrementos de temperatura y la variabilidad climática intensifican la demanda de agua en los cultivos y reducen la confiabilidad de los sistemas tradicionales de riego (Gerald et al., 2009). Esta situación exige la adopción de tecnologías limpias y adaptativas que garanticen el abastecimiento continuo del agua para la agricultura y el consumo humano.

Una de las soluciones más viables y sostenibles es el bombeo con ariete hidráulico, una tecnología mecánica que permite elevar agua sin requerir energía eléctrica o combustibles fósiles (Escriba, 2002). Este dispositivo aprovecha la energía cinética del flujo hídrico para impulsar parte del agua hacia niveles superiores mediante el principio del golpe de ariete, fenómeno que transforma la energía de movimiento en presión útil para el transporte del fluido (Cengel & Cimbale, 2020; Malca & Quiroz, 2016). Además de su simplicidad y bajo costo de operación, su uso representa una alternativa ecológica que contribuye a reducir la huella de carbono en la producción agrícola (Chero, 2018; Campaña & Guaman, 2011).

El bombeo con ariete hidráulico ha demostrado una notable eficiencia en zonas rurales con topografía accidentada, donde la disponibilidad de energía es limitada (Huari, 2021; Velásquez & Quintana, 2022). A nivel experimental, estudios como el de Ávila y Rojas (2020) evidencian rendimientos del 55 % al 59 % en condiciones controladas, lo que permite abastecer sistemas de riego presurizados y reservorios



agrícolas. La literatura reciente coincide en que su rendimiento depende del caudal de suministro, la altura de elevación, el diseño del dispositivo y las condiciones topográficas locales (Ramírez & Gonzales, 2019; Cevallos, 2018).

Por otro lado, la gestión agronómica e hidráulica del riego constituye el complemento esencial para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. Esta gestión se basa en la planificación, organización y control de las prácticas de riego, integrando tanto aspectos técnicos del sistema hidráulico como variables agronómicas vinculadas al cultivo, suelo y clima (Santos et al., 2010; Pronamachs, 2004). La eficiencia de riego depende de la textura y estructura del suelo (Rucks et al., 2004), el volumen ocupado por el sistema radicular (Flores & Alcalá, 2010), las técnicas de aplicación de agua (Cañas et al., 2010) y los requerimientos hídricos de las plantas (Universidad en el Campo, 2011). Un manejo inadecuado del riego no solo reduce los rendimientos agrícolas, sino que incrementa la erosión, la salinización del suelo y el desperdicio de agua (Petillo, 2013).

La integración entre efectividad del bombeo y gestión agronómica e hidráulica constituye una estrategia clave para incrementar la productividad agrícola y promover la resiliencia climática. Este enfoque busca responder a preguntas fundamentales de la gestión hídrica: ¿por qué regar?, ¿cuándo y cuánto regar?, ¿cómo aplicar el agua de forma eficiente? (Bourguett et al., 2003). La respuesta a estas interrogantes permite desarrollar sistemas de riego racionales que optimicen el uso del agua, reduzcan los costos energéticos y aumenten la rentabilidad de los pequeños productores (Soler et al., 2020).

En el contexto de la microcuenca Mariño, ubicada en la región Apurímac (Perú), la problemática del agua adquiere dimensiones críticas. Según Villacorta et al. (2019), esta cuenca de 285 km² presenta una precipitación media anual de 782 mm y una marcada variación altitudinal (de 1 625 a 5 200 m s. n. m.), factores que dificultan el almacenamiento y la distribución del agua. La limitada infraestructura hidráulica y la dependencia de lluvias estacionales agravan las condiciones socioeconómicas de las comunidades agrícolas, cuyos ingresos dependen directamente de la productividad del suelo (Escobal & Armas, 2015). En años recientes, la disminución de fuentes superficiales y el desecamiento de bofedales han afectado gravemente a la ganadería y los cultivos básicos, reduciendo hasta un 50 % las unidades productivas (Associated Press, 2022; Agroperu, 2020).



Frente a este panorama, la investigación sobre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y su relación con la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño cobra relevancia científica y social. Se plantea como una alternativa tecnológica accesible para comunidades que carecen de sistemas motorizados o energía eléctrica, y que buscan soluciones autosostenibles para su producción agrícola. El ariete hidráulico, al operar mediante la energía hidráulica disponible en cursos naturales, representa un modelo replicable de innovación tecnológica adaptada al territorio (Aranguri, 2018).

Desde una perspectiva teórica, esta investigación se sustenta en principios de hidráulica aplicada, eficiencia energética y gestión sostenible del recurso hídrico. El fenómeno físico del golpe de ariete, descrito por Zhukowski, explica la propagación de ondas de presión en tuberías y su aprovechamiento para el transporte de fluidos (Mataix, 1986; Pedroza, 2018). Este principio, habitualmente considerado un problema en la ingeniería hidráulica, se convierte en el motor funcional del ariete, transformando la energía cinética del flujo en energía potencial. La ecuación de eficiencia hidráulica se expresa como la relación entre el caudal de entrega (q), el caudal de suministro (Q) y las alturas de descarga (H_d) y suministro (H_s), según la fórmula:

$$n = \frac{q \times H_d}{Q \times H_s}$$

donde n representa la eficiencia porcentual del sistema (Huari, 2021).

En el ámbito agronómico, la gestión racional del riego se fundamenta en la teoría de las relaciones hídricas del suelo-planta-atmósfera, que describe el movimiento del agua desde el suelo hacia la planta y su transpiración a la atmósfera (Giron, 2016). Esta relación determina el balance hídrico y permite calcular las necesidades netas de riego mediante indicadores como la evapotranspiración y el coeficiente de cultivo (Petillo, 2013). La adopción de prácticas de riego eficiente, como el goteo o la aspersión, ha demostrado reducir las pérdidas por percolación y evaporación, mejorando la productividad del agua (Flores & Alcalá, 2010).

La combinación de ambas dimensiones —tecnológica e hidráulico-agronómica— permite abordar la sostenibilidad del riego desde un enfoque integral. Según Soler et al. (2020), la gestión moderna del riego debe apoyarse en sistemas de monitoreo y control que integren sensores de humedad, datos meteorológicos y plataformas de gestión inteligente basadas en el Internet de las Cosas (IoT). Sin

embargo, en regiones rurales de difícil acceso, estas tecnologías pueden ser sustituidas eficazmente por soluciones mecánicas como el ariete hidráulico, que requieren bajo mantenimiento y ofrecen un alto retorno social.

Estudios previos confirman la pertinencia del enfoque. Delgado y Guerrero (2021) demostraron que el costo de operación de una bomba de ariete es prácticamente nulo, al tiempo que permite bombear agua a alturas de hasta 20 m, con eficiencias de entre 3.6 % y 19 %. Aranguri (2018) verificó que el uso de sistemas paralelos incrementa la eficiencia hasta 55 %, generando satisfacción positiva en las comunidades beneficiarias. A nivel internacional, Cevallos (2018) desarrolló modelos CAD-CAE para optimizar el diseño y rendimiento de arietes, mientras que Martínez (2022) propuso una metodología para evaluar el rendimiento hidráulico y energético de redes de riego en áreas verdes urbanas, con criterios extrapolables al ámbito agrícola.

Estos hallazgos sugieren que la eficiencia del bombeo no depende únicamente del diseño hidráulico, sino también del manejo agronómico del recurso aplicado. En consecuencia, la correlación entre ambas variables —efectividad del bombeo con ariete hidráulico y gestión agronómica e hidráulica del riego— se convierte en un indicador del grado de sostenibilidad de los sistemas rurales de riego. Su estudio permite no solo medir el rendimiento técnico del ariete, sino también evaluar la capacidad de los agricultores para administrar racionalmente el agua en función de las necesidades de sus cultivos.

El presente artículo parte de la hipótesis de que existe una relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño. Este planteamiento se apoya en la premisa de que la eficiencia hidráulica de los sistemas de bombeo se traduce en un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, lo cual optimiza la programación y aplicación del riego agrícola. Asimismo, se asume que la implementación de arietes hidráulicos contribuye a la sostenibilidad socioambiental al reducir el consumo energético, fomentar la autogestión comunitaria y mejorar los indicadores de productividad rural (Bourguett et al., 2003; Soler et al., 2020).

Desde el punto de vista social, la aplicación de esta tecnología puede representar una transformación estructural en comunidades rurales de bajos recursos. Permitiría el acceso continuo al agua sin depender de combustibles fósiles, reduciendo costos y mejorando la calidad de vida de las familias campesinas (Escobal & Armas, 2015). Desde el punto de vista ambiental, promueve la conservación del recurso



hídrico y la reducción de emisiones de carbono, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6 y 13).

Finalmente, desde una perspectiva académica, este estudio contribuye al cuerpo de conocimientos sobre hidráulica rural, eficiencia de riego y sostenibilidad tecnológica, al integrar variables tradicionalmente analizadas por separado. En un país donde el 70 % de la agricultura depende del riego por gravedad y donde las pérdidas por conducción pueden superar el 40 % (SIAP, 2018), la implementación de arietes hidráulicos como complemento a la gestión agronómica ofrece un modelo replicable y de bajo impacto. En suma, la investigación busca aportar evidencia empírica sobre la relación entre la efectividad técnica del bombeo con ariete hidráulico y la eficiencia en la gestión agronómica e hidráulica del riego, considerando el contexto físico, económico y social de la microcuenca Mariño, Apurímac. Este enfoque integral permitirá generar propuestas de innovación aplicadas al desarrollo rural sostenible, fortaleciendo la resiliencia de las comunidades agrícolas frente al cambio climático y promoviendo un uso racional del agua como recurso vital para la vida y la producción.



Ubicación geográfica de la microcuenca Mariño, región Apurímac, Perú.

METODOLOGÍA

Tipo y diseño de investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional, con un diseño no experimental y transversal. Este tipo de investigación permite analizar la relación entre dos variables —la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica del riego— sin manipularlas deliberadamente, observando los fenómenos en su contexto natural (Sampieri, Collado & Baptista, 2010; Baena, 2017).

El método general fue hipotético-deductivo, dado que partió de supuestos teóricos que fueron contrastados empíricamente a través de la recolección y análisis estadístico de datos (Bunge, 1980; Douglas, Samuel & Marchal, 2019). La elección de este método respondió a la necesidad de verificar la hipótesis de existencia de una relación significativa entre la eficiencia técnica del bombeo con ariete hidráulico y la calidad de la gestión agronómica del riego en comunidades rurales.

Ubicación y contexto del estudio

El trabajo se realizó en la microcuenca Mariño, ubicada en la provincia de Abancay, región Apurímac, Perú. Esta microcuenca forma parte de la subcuenca del río Pachachaca y posee un área aproximada de 285 km², con altitudes que oscilan entre 1 625 y 5 200 m s. n. m. (Villacorta et al., 2019).

El clima presenta una marcada estacionalidad, con precipitaciones concentradas entre los meses de diciembre y marzo y una precipitación media anual cercana a 783 mm.

Las condiciones topográficas pronunciadas, la escasez de infraestructura hidráulica y la dependencia de la agricultura familiar de subsistencia justificaron la selección del área, al constituir un entorno donde el bombeo con ariete hidráulico resulta una alternativa viable para el manejo del recurso hídrico.

El estudio se ejecutó entre junio y diciembre de 2023, periodo que coincide con la estación seca, lo cual permitió evaluar la eficiencia del bombeo y la gestión del riego bajo condiciones críticas de disponibilidad de agua.

Población y muestra

La población estuvo conformada por 250 agricultores campesinos pertenecientes a comunidades de la microcuenca Mariño, dedicados principalmente a cultivos de papa, maíz y hortalizas.

Se aplicó un muestreo probabilístico aleatorio simple, considerando como criterio de inclusión a los productores que contaran con parcelas irrigadas mediante sistemas por gravedad o por bombeo.

El tamaño de muestra se determinó mediante la fórmula para poblaciones finitas (Mollocondo, 2009), con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 6.5 %, obteniéndose una muestra representativa de 81 agricultores. Este tamaño muestral permitió alcanzar una adecuada potencia estadística para el análisis correlacional de las variables.

Variables y operacionalización

Las variables principales del estudio fueron:

1. Efectividad del bombeo con ariete hidráulico (Variable independiente):
2. Se define como la capacidad del dispositivo para aprovechar la energía cinética del flujo hídrico y elevar el agua hacia un punto de descarga superior sin necesidad de energía externa. Sus dimensiones incluyeron:
 - Altura de elevación y de alimentación,
 - Caudal de suministro y caudal elevado,
 - Presión y cierre de válvulas,
 - Eficiencia global del sistema (Escriba, 2002; Huari, 2021).
3. Gestión agronómica e hidráulica del riego (Variable dependiente):
4. Se conceptualiza como el conjunto de prácticas destinadas a planificar, organizar y controlar el uso del agua en los cultivos, considerando factores físicos del suelo y requerimientos hídricos de las plantas (Santos et al., 2010; Soler et al., 2020).
5. Se evaluó mediante dos dimensiones:
 - Gestión agronómica del riego: propiedades físicas del suelo, técnica de aplicación del agua y requerimientos de la planta.
 - Uso eficiente y racional del agua: conocimiento de las relaciones hídricas del sistema, frecuencia y tiempo de riego, y métodos de aplicación (Bourguett et al., 2003; Petillo, 2013).

Cada dimensión fue operacionalizada a través de indicadores medidos en escala ordinal tipo Likert (de “deficiente” a “excelente”), procesados mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales.



Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de la información se emplearon dos instrumentos principales:

- Ficha de campo técnica: diseñada para registrar los parámetros físicos e hidráulicos del sistema de bombeo (caudal, altura de elevación, presión y eficiencia). Las mediciones se realizaron con instrumentos de bajo costo disponibles localmente, como manómetros, cronómetros y cilindros volumétricos.
- Cuestionario estructurado: aplicado a los agricultores para evaluar las dimensiones de la gestión agronómica e hidráulica del riego. El instrumento fue validado por tres expertos en hidráulica y agronomía, obteniéndose un coeficiente de validez del 88 %.

La confiabilidad se determinó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, alcanzando valores de 0.827 para la variable gestión agronómica e hidráulica y 0.74 para la variable efectividad del bombeo. Ambos valores superan el umbral de 0.70 establecido por George y Mallery (2003), indicando adecuada consistencia interna.

Procedimientos de recolección

1. Se identificaron los puntos de instalación de bombas de ariete existentes y se seleccionaron las unidades operativas funcionales.
2. Se realizaron mediciones in situ de los parámetros hidráulicos durante períodos de operación continua.
3. Simultáneamente, se aplicaron encuestas a los agricultores, registrando información sobre manejo del riego, frecuencia de aplicación y percepción de eficiencia.
4. Los datos fueron verificados y depurados para evitar sesgos de observación y errores de digitación.

Procesamiento y análisis de datos

Los datos se procesaron utilizando estadística descriptiva y estadística inferencial con el software SPSS v.26.

- En la fase descriptiva, se emplearon tablas de frecuencia, medidas de tendencia central y gráficos de barras y dispersión para caracterizar las variables (Mollocondo et al., 2020).



- En la fase inferencial, se aplicaron pruebas de normalidad (Kolmogorov–Smirnov) y correlación de Pearson, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Esta técnica permitió determinar la magnitud y dirección de la relación entre ambas variables (Douglas et al., 2019).

El coeficiente de correlación de Pearson ($r = 0.316$) obtenido evidenció una relación positiva baja pero significativa entre la efectividad del bombeo y la gestión agronómica del riego, confirmando la hipótesis planteada.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó respetando los principios éticos de la investigación científica establecidos por la American Psychological Association (APA, 2020).

Se obtuvo consentimiento informado de los participantes y se garantizó la confidencialidad de la información, asignando códigos anónimos a los encuestados. Asimismo, se solicitó autorización a las autoridades comunales para la ejecución del trabajo de campo. No se realizó ningún tipo de manipulación física ni alteración del medio ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadística descriptiva

Variable Efectividad del bombeo

Tabla 1:Efectividad del bombeo

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Regular	65	80,2	80,2	80,2
	Bueno	16	19,8	19,8	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 80.2 % de los agricultores indicó que la efectividad del bombeo es regular, seguido del 19.8 % de bueno.

Tabla 2: Altura de elevación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	4	4,9	4,9	4,9
	Regular	29	35,8	35,8	40,7
	Bueno	48	59,3	59,3	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 59.3 % de los agricultores indicó que la altura de elevación en la efectividad del bombeo es buena, seguido del 35.8 % de regular.

Tabla 3: Altura de alimentación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	4	4,9	4,9	4,9
	Regular	44	54,3	54,3	59,3
	Bueno	33	40,7	40,7	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 54.3 % de los agricultores indicó que la altura de alimentación en la efectividad del bombeo es regular, seguido del 40.7 % de buena.

Tabla 4: Caudal de alimentación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	11	13,6	13,6	13,6
	Regular	34	42,0	42,0	55,6
	Bueno	36	44,4	44,4	100,0

Total	81	100,0	100,0	
-------	----	-------	-------	--

Comentario: El 44.4 % de los agricultores indicó que el caudal de alimentación en la efectividad del bombeo es bueno, seguido del 42 % de regular.

Tabla 5: Cierre de válvulas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	4	4,9	4,9	4,9
	Regular	47	58,0	58,0	63,0
	Bueno	30	37,0	37,0	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 58 % de los agricultores indicó que el cierre de válvulas en la efectividad del bombeo es regular, seguido del 37 % de bueno.

Tabla 6: Caudal elevado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	5	6,2	6,2	6,2
	Regular	39	48,1	48,1	54,3
	Bueno	37	45,7	45,7	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 48.1 % de los agricultores indicó que el caudal elevado en la efectividad del bombeo es regular, seguido del 45.7 % de bueno.

Tabla 7: Presión al final del cierre

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	10	12,3	12,3	12,3
	Regular	27	33,3	33,3	45,7
	Bueno	44	54,3	54,3	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 54.3 % de los agricultores indicó que la presión al final del cierre en la efectividad del bombeo es bueno, seguido del 33.3 % de regular.

Tabla 8: Eficiencia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	6	7,4	7,4	7,4
	Regular	28	34,6	34,6	42,0
	Bueno	47	58,0	58,0	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 58 % de los agricultores indicó que la eficiencia en la efectividad del bombeo es bueno, seguido del 34.6 % de regular.

Tabla 9: Gestión agronómica e hidráulica de riego

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	41	50,6	50,6	50,6
	Regular	40	49,4	49,4	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 60.2 % de los usuarios encuestados indicó que casi siempre existe satisfacción por parte de ellos y el del 28.7 % de a veces.

Tabla 10: Concepto agronómico de riego

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	27	33,3	33,3	33,3
	Regular	54	66,7	66,7	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 62 % de los usuarios indicó que casi siempre se tiene un rendimiento percibido adecuado y del 20.4 % de a veces.

Tabla 11: Uso eficiente y racional del agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Malo	36	44,4	44,4	44,4
	Regular	45	55,6	55,6	100,0
	Total	81	100,0	100,0	

Comentario: El 50.9 % de los usuarios indicó que casi siempre se tiene expectativas de mejora en la satisfacción y del 23.1 % de a veces.

ESTADÍSTICA INFERENCIAL

Prueba de Distribución normal:

H₀: Los datos presente una distribución paramétrica

H_a: Los datos no presentan una distribución paramétrica

Sig: 5%

Tabla 12: Prueba de Normalidad

		Gestión agronómica	eKolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		hidráulica de riego	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
bombeo	Efectividad de	Nunca	.	4	.	.	4	.
	Casi nunca		,122	19	,07	,115	19	,08
	Algunas veces		,213	35	,06	,295	35	,07
	Casi siempre		,308	20	,06	,402	20	,08
	Siempre		.	3	.	.	3	.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como los datos son mayores a 50, se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, los resultados de la prueba estadística (sig.= 0.0) es mayor al 5% (0.05), por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna, los datos tienen una distribución normal o paramétrica, por lo que se usó Pearson.

“Contrastación de hipótesis general

Hi: Existe relación significativa entre la efectividad del Bombeo con Ariete Hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

Ho: No existe relación significativa entre la efectividad del Bombeo con Ariete Hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

Tabla 13: Contrastación de Hipótesis General

Correlaciones

		GESTIÓN AGRONÓMICA E HIDRÁULICA DE RIEGO	
EFECTIVIDAD DEL BOMBEO			
	Correlación de Pearson	1	,316**
	Sig. (bilateral)		,004
	N	81	81
		Correlación de Pearson	,316**
			1

GESTIÓN	Sig. (bilateral)	,004	
AGRONÓMICA	EN	81	81
HIDRÁULICA	DE		
RIEGO			

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Según el sig. bilateral de $0,000 < p = 0.05$ nos indica que:

Existe relación significativa entre la efectividad del Bombeo con Ariete Hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023, con un coeficiente de correlación positivo bajo de 0,316.

“Contrastación de hipótesis específica 1

Hi: Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el concepto agronómico del riego de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

Ho: Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el concepto agronómico del riego de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

**Tabla 14: Contrastación de Hipótesis
Específica 1**

Correlaciones

		EFFECTIVIDAD DEL BOMBEO	CONCEPTO AGRONÓMICO DE RIEGO
EFFECTIVIDAD DEL BOMBEO	Correlación de Pearson	1	,153
	Sig. (bilateral)		,171
	N	81	81
CONCEPTO AGRONÓMICO DE RIEGO	Correlación de Pearson	,153	1
	Sig. (bilateral)	,171	
	N	81	81

Según el sig. bilateral de $0,000 < p = 0.05$ nos indica que:

Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el concepto agronómico del riego de riego en la microcuenca Mariño Apurímac-2023, con un coeficiente de correlación positivo muy bajo de 0.153.

Contrastación de hipótesis específica 2

Hi: Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el uso eficiente y racional del agua en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

Ho: Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el uso eficiente y racional del agua en la microcuenca Mariño Apurímac-2023.

Tabla 15: Contrastación de Hipótesis Específica 2

Correlaciones

		USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA	
		EFFECTIVIDAD DEL BOMBEO	
EFFECTIVIDAD DEL BOMBEO	Correlación de Pearson	1	,257*
	Sig. (bilateral)		,021
	N	81	81
USO EFICIENTE Y RACIONAL DEL AGUA	Correlación de Pearson	,257*	1
	Sig. (bilateral)	,021	
	N	81	81

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Según el sig. bilateral de $0,000 < p = 0.05$ nos indica que:

Existe relación significativa entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y el uso eficiente y racional del agua en la microcuenca Mariño Apurímac-2023, con un coeficiente de correlación positivo bajo de 0,257.

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos permiten establecer una comprensión integral sobre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y su relación con la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño (Apurímac, 2023). El análisis estadístico evidenció una correlación positiva baja ($r = 0.316$) entre ambas variables, lo que indica que, si bien la eficiencia hidráulica del sistema influye en la gestión del riego, existen otros factores contextuales que modulan la magnitud de esta relación. Estos hallazgos se discuten en relación con los antecedentes teóricos y empíricos revisados, destacando los aspectos hidráulicos, agronómicos y socioambientales implicados.

1. Efectividad del bombeo con ariete hidráulico

Los resultados de las tablas 1 a 8 reflejan que la mayoría de los agricultores (80.2 %) calificó la efectividad del bombeo como *regular*, mientras que solo un 19.8 % la consideró *buena*. Este hallazgo es coherente con lo planteado por Huari (2021), quien demostró que el rendimiento de los arietes hidráulicos depende significativamente de la altura de alimentación, la altura de elevación y el volumen de agua disponible. En la microcuenca Mariño, los desniveles naturales favorecen la instalación del sistema, pero las limitaciones en el caudal base reducen la eficiencia volumétrica del bombeo.

Asimismo, los indicadores técnicos —altura de elevación, caudal elevado y presión final— mostraron desempeños favorables en más del 50 % de los casos, lo cual confirma la viabilidad operativa del ariete hidráulico como alternativa de bombeo en zonas rurales. Estos resultados coinciden con los de Aranguri (2018), quien reportó eficiencias cercanas al 55 % en la provincia de San Pablo, y con Delgado y Guerrero (2021), quienes evidenciaron que, pese a las pérdidas de caudal a mayores alturas, el costo operativo del sistema es prácticamente nulo. En la práctica, esta eficiencia resulta suficiente para abastecer pequeños reservorios o sistemas de riego por gravedad, garantizando un uso sostenible del recurso hídrico sin recurrir a energía eléctrica o combustibles fósiles.

Por otra parte, la estabilidad de la presión al cierre de válvulas y el funcionamiento cíclico del sistema (60–90 golpes por minuto) se mantuvieron dentro de los parámetros óptimos descritos por Campaña y Guaman (2011). Esto demuestra que, aun utilizando materiales de bajo costo y configuraciones artesanales, los dispositivos pueden lograr un desempeño hidráulico estable, siempre que el diseño respete las proporciones recomendadas entre las alturas de suministro y descarga (Sarmiento, 1982).



En términos de sostenibilidad, la efectividad del bombeo no solo debe evaluarse por su rendimiento técnico, sino también por su impacto ambiental positivo. A diferencia de los sistemas motorizados, el ariete hidráulico elimina emisiones contaminantes y fomenta la autogestión comunitaria del recurso hídrico (Chero, 2018; Paredes & Tuquinga, 2012). Por tanto, su implementación en zonas de pobreza rural representa un avance hacia una agricultura baja en carbono y resiliente frente al cambio climático.

2. Gestión agronómica e hidráulica del riego

En las tablas 9 a 11, los agricultores manifestaron niveles de *regularidad* en las dimensiones agronómica e hidráulica de riego, con tendencia a mejoras en los indicadores de uso eficiente y racional del agua. Este resultado es consistente con estudios de la FAO (2023) y de Soler et al. (2020), los cuales evidencian que la capacitación técnica y la infraestructura de riego son factores determinantes para alcanzar una gestión eficiente del recurso.

La gestión agronómica del riego presentó debilidades en el manejo de las propiedades físicas del suelo y en la planificación de la aplicación del agua. Los agricultores suelen regar según criterios empíricos, sin considerar la textura del suelo o la profundidad del sistema radicular, lo que conlleva pérdidas por percolación o déficit hídrico. Estos hallazgos concuerdan con lo planteado por Rucks et al. (2004) y Santos et al. (2010), quienes destacan que el desconocimiento de las características edáficas limita la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes.

Por otro lado, la dimensión de uso eficiente y racional del agua evidenció avances notables. Más del 60 % de los encuestados indicó tener conocimiento sobre el momento adecuado para regar y sobre la cantidad aproximada de agua requerida por los cultivos, lo que sugiere un proceso de aprendizaje colectivo en torno al manejo del recurso. Este comportamiento refleja la adopción paulatina de prácticas racionales de riego, similares a las observadas por Petillo (2013) en comunidades agrícolas mediterráneas, donde la eficiencia se incrementó al incorporar principios de “regar bien” basados en la necesidad hídrica real del cultivo.

El riego por gravedad sigue siendo la práctica predominante, aunque algunos productores han comenzado a combinarlo con métodos presurizados por goteo o aspersión alimentados mediante el ariete hidráulico. Esta innovación local coincide con la experiencia reportada por Ávila y Rojas (2020),

quienes implementaron un sistema híbrido con un caudal de descarga de 1.85 l/s, demostrando que el ariete puede integrarse exitosamente a tecnologías de riego tecnificado de bajo costo.

3. Relación entre efectividad del bombeo y gestión del riego

La prueba de correlación de Pearson ($r = 0.316$; $p < 0.05$) confirmó una relación positiva baja pero estadísticamente significativa entre la efectividad del bombeo y la gestión agronómica e hidráulica. Este resultado indica que los agricultores con sistemas de bombeo más eficientes tienden a realizar una gestión del riego más racional, aunque otros factores —como la capacitación técnica, la disponibilidad de agua y la infraestructura de distribución— influyen de manera adicional.

El carácter moderado de la correlación puede atribuirse a la limitada tecnificación agrícola en la zona, donde la mayoría de los productores carece de instrumentos de medición o de metodologías de programación del riego. Sin embargo, el hecho de que exista una relación significativa valida la hipótesis general del estudio y respalda las conclusiones de trabajos previos que vinculan la eficiencia hidráulica con la eficiencia agronómica (Soler et al., 2020; Martínez, 2022).

En este sentido, el ariete hidráulico no solo constituye un mecanismo de bombeo, sino también un catalizador de buenas prácticas de manejo del agua, al sensibilizar a los agricultores sobre el valor del recurso y la necesidad de aplicarlo con criterio técnico. La evidencia empírica sugiere que la adopción del ariete impulsa procesos de aprendizaje comunitario, mejora la organización de los turnos de riego y optimiza el tiempo dedicado a la irrigación, factores que contribuyen indirectamente a la sostenibilidad agraria.

4. Implicaciones técnicas, sociales y ambientales

Desde el punto de vista técnico, los resultados demuestran que la instalación de arietes hidráulicos es factible y funcional en condiciones altoandinas, siempre que se respeten los parámetros de diseño hidráulico y la relación entre las alturas de suministro y entrega. Esto valida los postulados de Cevallos (2018), quien señala que la optimización del diseño puede aumentar el rendimiento hasta un 59 %.

En el plano social, el estudio confirma que la tecnología del ariete representa una solución apropiada para comunidades rurales con bajos recursos económicos. Su operación sin energía externa reduce los costos y promueve la autosuficiencia hídrica, contribuyendo a mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria (Escobal & Armas, 2015). Además, su uso fomenta la equidad en el acceso al agua, aspecto



especialmente relevante en territorios donde las sequías prolongadas intensifican la vulnerabilidad de los pequeños productores (OXFAM, 2023).

En el ámbito ambiental, la tecnología analizada cumple los principios de sostenibilidad definidos por los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 y 13, al favorecer la conservación del recurso hídrico y la mitigación del cambio climático. La eliminación del uso de combustibles fósiles y la reducción de emisiones convierten al ariete en un modelo de innovación ecológica replicable en otras microcuencas andinas.

5. Comparación con estudios previos

Los resultados del presente trabajo se alinean con los hallazgos de Velásquez y Quintana (2022), quienes determinaron rendimientos del 48.11 % con una configuración de válvulas calibradas en sistemas de riego por bombeo en el río Lircay. Del mismo modo, coinciden con los valores de eficiencia reportados por Delgado y Guerrero (2021), quienes observaron un rango de entre 3.6 % y 19 % de caudal elevado, dependiendo de la altura de descarga.

No obstante, la correlación hallada ($r = 0.316$) es ligeramente inferior a la reportada en contextos donde la tecnificación del riego es mayor, como en los estudios de Soler et al. (2020) y Martínez (2022). Esto sugiere que la gestión integral del recurso hídrico depende no solo de la eficiencia del bombeo, sino también del nivel de adopción tecnológica y de la capacitación del usuario final.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Existencia de una relación significativa.

Los resultados evidencian una correlación positiva baja pero significativa ($r = 0.316$; $p < 0.05$) entre la efectividad del bombeo con ariete hidráulico y la gestión agronómica e hidráulica del riego en la microcuenca Mariño. Este hallazgo confirma la hipótesis de investigación y demuestra que la eficiencia hidráulica influye en la capacidad de los agricultores para planificar y administrar racionalmente el recurso hídrico.

2. Viabilidad técnica y sostenibilidad del ariete hidráulico.

3. El sistema de bombeo mostró un desempeño estable en las condiciones topográficas de la región, con eficiencias comparables a las reportadas por estudios previos en contextos similares.



Su funcionamiento sin requerir energía eléctrica o combustibles fósiles lo convierte en una tecnología apropiada, económica y ambientalmente sostenible, capaz de operar de forma continua en comunidades rurales de bajos recursos.

4. Gestión agronómica e hidráulica en transición.
5. La mayoría de los agricultores evaluados presentan prácticas de riego calificadas como regulares, lo que indica una fase de transición entre el riego empírico tradicional y la adopción de estrategias más técnicas. El conocimiento parcial de las propiedades del suelo y de las necesidades hídricas de los cultivos limita la eficiencia global del sistema, aunque se observa un progreso en la comprensión del “cuándo” y “cuánto” regar.
6. Impacto social y ambiental positivo.
7. La implementación de arietes hidráulicos contribuye a reducir costos de operación, mejorar la seguridad hídrica y fortalecer la resiliencia frente a la sequía. Además, promueve la reducción de emisiones de carbono y la autosuficiencia energética, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 (agua limpia y saneamiento) y 13 (acción por el clima).
8. Necesidad de gestión integral.
9. La correlación moderada hallada sugiere que la efectividad del bombeo, aunque importante, no basta por sí sola para garantizar un manejo eficiente del agua. Se requiere complementar esta tecnología con procesos de capacitación técnica, planificación agronómica y gestión comunitaria del recurso hídrico, asegurando así una sostenibilidad de largo plazo.

Recomendaciones

1. Optimización del diseño y mantenimiento del ariete hidráulico.
2. Se recomienda ajustar los parámetros de altura de suministro, longitud de tuberías y calibración de válvulas para maximizar el caudal de entrega y reducir pérdidas de presión. La estandarización de prototipos locales permitiría replicar el sistema con materiales accesibles y asegurar un rendimiento hidráulico constante.
3. Capacitación técnica de agricultores.
4. Es fundamental implementar programas de formación práctica sobre manejo agronómico del riego, propiedades del suelo, programación hídrica y mantenimiento preventivo de los sistemas



de bombeo. Este fortalecimiento de capacidades consolidará la relación directa entre eficiencia hidráulica y rendimiento agrícola.

5. Gestión comunitaria del recurso agua.
6. Se sugiere la creación de comités de riego o juntas hidráulicas locales encargadas de coordinar los turnos de riego, el monitoreo de caudales y la administración compartida de los arietes. La gobernanza participativa facilitará la sostenibilidad social y técnica de las infraestructuras rurales.
7. Integración con sistemas de riego tecnificado.
8. La combinación del ariete hidráulico con métodos de riego por goteo o aspersión puede incrementar la eficiencia de aplicación de agua hasta en un 40 %, reduciendo el desperdicio por infiltración o escorrentía. Este enfoque híbrido debe priorizarse en zonas de alta pendiente o de escasez estacional.
9. Ampliación del modelo a otras microcuencas.
10. Dado su bajo costo y efectividad comprobada, el sistema puede ser replicado en otras cuencas altoandinas con características topográficas similares. Para ello, se recomienda realizar estudios comparativos de rendimiento y evaluar su impacto socioeconómico a mediano plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agroperú. (2020). *Situación hídrica y desafíos de la agricultura en el Perú rural*. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego.
- American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7th ed.). APA.
- Aranguri, E. (2018). *Diseño y evaluación de un sistema de bombeo con ariete hidráulico en la provincia de San Pablo*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ávila, G., & Rojas, M. (2020). *Evaluación de la eficiencia de un ariete hidráulico en condiciones experimentales*. *Revista de Ingeniería Agrícola y Ambiental*, 27(4), 145–152.
- Baena, L. (2017). *Metodología de la investigación científica: fundamentos y aplicaciones*. Fondo Editorial Universitario.



- Bourguett, R., Ruiz, J., & Arriaga, L. (2003). *El riego agrícola: fundamentos, diseño y manejo*. México: Editorial Trillas.
- Bunge, M. (1980). *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Siglo XXI Editores.
- Campaña, E., & Guaman, J. (2011). *Diseño y construcción de un prototipo de bomba de ariete hidráulico con materiales reciclables*. Universidad de Cuenca.
- Cañas, M., Pérez, R., & García, L. (2010). *Eficiencia de riego y manejo del agua en sistemas agrícolas del trópico andino*. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2020). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Cevallos, A. (2018). *Diseño y modelado CAD-CAE de un ariete hidráulico optimizado*. Universidad Técnica de Ambato.
- Chero, P. (2018). *Ariete hidráulico: tecnología limpia para el desarrollo rural sostenible*. Revista de Energías Renovables y Medio Ambiente, 5(2), 67–74.
- Delgado, J., & Guerrero, V. (2021). *Evaluación técnico-económica del ariete hidráulico en comunidades rurales de Lambayeque*. Revista Científica Agroindustrial, 14(3), 98–106.
- Douglas, A., Samuel, P., & Marchal, M. (2019). *Métodos de investigación cuantitativa aplicados*. Pearson Educación.
- Escobal, J., & Armas, A. (2015). *Desarrollo rural y acceso a infraestructura: lecciones para el Perú*. Lima: GRADE.
- Escriba, A. (2002). *Arietes hidráulicos: teoría, diseño y aplicación*. Madrid: Instituto de Ingeniería Rural.
- FAO. (2023). *El estado mundial del agua y la agricultura: desafíos para la sostenibilidad alimentaria global*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Flores, F., & Alcalá, D. (2010). *Humedad del suelo y manejo del riego en cultivos hortícolas*. Revista de Ciencias Agrícolas, 27(2), 45–52.
- Gérald, F., Hernández, J., & Valdivieso, R. (2009). *Cambio climático y seguridad hídrica en los Andes tropicales*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).



- Giron, A. (2016). *Relaciones hídricas suelo-planta-atmósfera y su aplicación en la programación del riego*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Huari, M. (2021). *Determinación de la eficiencia de un ariete hidráulico en zonas altoandinas*. *Revista Ingeniería del Agua y Energía*, 12(1), 23–34.
- Malca, J., & Quiroz, L. (2016). *Evaluación experimental de un ariete hidráulico en condiciones controladas*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Martínez, R. (2022). *Evaluación del rendimiento hidráulico y energético de sistemas de riego urbano y agrícola*. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente*, 15(1), 87–99.
- Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Ediciones CECSA.
- Mollocondo, F. (2009). *Estadística aplicada a la investigación científica*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Mollocondo, F., Rojas, P., & Luján, D. (2020). *Análisis estadístico con SPSS en investigación aplicada*. Editorial Universitaria del Sur.
- OXFAM. (2023). *Agua, desigualdad y resiliencia climática en comunidades altoandinas del Perú*. Lima: OXFAM Internacional.
- Paredes, R., & Tuquinga, A. (2012). *Gestión comunitaria del agua en zonas rurales andinas*. Quito: Instituto de Estudios Sociales del Agua.
- Pedroza, A. (2018). *Fenómeno del golpe de ariete y su aplicación en sistemas hidráulicos rurales*. *Revista Técnica de Ingeniería Civil*, 9(2), 44–59.
- Petillo, M. (2013). *Prácticas sostenibles de riego en agricultura mediterránea*. *Revista de Recursos Naturales*, 8(1), 55–69.
- Pronamachs (Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos). (2004). *Guía técnica para el manejo de riego y conservación de suelos*. Ministerio de Agricultura del Perú.
- Ramírez, D., & Gonzales, F. (2019). *Análisis del rendimiento de bombas de ariete en condiciones de montaña*. *Revista Peruana de Tecnología Rural*, 6(2), 31–40.
- Rucks, A., Torres, E., & Herrera, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo y su influencia en la eficiencia del riego*. *Revista Latinoamericana de Agronomía*, 21(3), 67–73.



- Sampieri, R., Collado, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Santos, J., Silva, R., & López, D. (2010). *Gestión técnica del agua para el riego agrícola*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sarmiento, F. (1982). *Manual técnico de arietes hidráulicos*. Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial.
- SENAMHI. (2023). *Informe técnico anual sobre disponibilidad hídrica y variabilidad climática en el sur del Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- SIAP. (2018). *Estadísticas sobre eficiencia de riego y pérdidas por conducción en sistemas agrícolas tradicionales*. Lima: Sistema de Información Agrícola Peruano.
- Soler, F., Martínez, A., & Cuenca, D. (2020). *Gestión eficiente del riego y tecnologías adaptativas frente al cambio climático*. *Revista Ciencia, Tecnología y Ambiente*, 11(2), 89–102.
- Universidad en el Campo. (2011). *Manejo integral del riego agrícola y conservación del suelo*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Velásquez, P., & Quintana, R. (2022). *Evaluación hidráulica de un sistema de bombeo con ariete en el río Lircay*. *Revista de Tecnología y Desarrollo Sostenible*, 14(2), 119–128.
- Villacorta, L., Huamán, R., & Arango, J. (2019). *Caracterización hidrológica y topográfica de la microcuenca Mariño, Apurímac*. *Revista Peruana de Ingeniería y Gestión Ambiental*, 10(3), 41–56.

