

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2025,
Volumen 9, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5

CALIDAD AMBIENTAL Y AGRONÓMICA DEL AGUA DE RIEGO DEL RIO CAÑETE, LIMA, PERÚ

**ENVIRONMENTAL AND AGRONOMIC QUALITY OF
IRRIGATION WATER FROM THE CAÑETE RIVER, LIMA,
PERÚ**

Javier Antonio Goicochea Ríos

Universidad Nacional Agraria La Molina

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20319

Calidad ambiental y agronómica del agua de riego del río Cañete, Lima, Perú

Javier Antonio Goicochea Ríos¹

jgoicochea@lamolina.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0000-9130-3688>

Universidad Nacional Agraria La Molina
Perú

RESUMEN

La evaluación de la calidad del agua superficial ambiental y con fines de riego de una fuente de recursos hídricos de un sistema de riego de un valle permiten la gestión adecuada de la disponibilidad para uso de riego y bebida de animales y garantizar una producción agrícola sostenible en el valle del río Cañete, ubicado en Lima, Perú. El estudio se realizó en base a los datos de monitoreo de la calidad de aguas superficiales del río Cañete realizados por la Autoridad Nacional del Agua del Perú en los puntos de la red de control Puente Sosci y Puente Clarita, siendo el objetivo evaluar el estado de la calidad ambiental del agua destinada para el riego del valle Cañete mediante el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) y los valores de los parámetros del Estándar de la Calidad Ambiental para Agua (ECA) en la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, obteniendo en la escala de valoración una calidad buena; así mismo, contempla la evaluación de la calidad agronómica del agua con fines de riego considerando para su aplicación el efecto de la salinidad, del sodio, iones tóxicos específicos boro y cloro y el índice de saturación, obteniéndose en la clasificación de los índices de salinidad y del sodio como buenas, el ion tóxico cloruro como condicionada y los resultados del índice de saturación de Langelier positivos indicando probable precipitación de CaCO_3 .

Palabras clave: Estándar de la Calidad de Agua, Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales, red de monitoreo, salinidad, sodicidad, índice de saturación.

¹ Autor principal

Correspondencia: jgoicochea@lamolina.edu.pe

Environmental and agronomic quality of irrigation water from the Cañete river, Lima, Perú

ABSTRACT

The evaluation of the quality of surface water for environmental and irrigation purposes from a water resource source of a valley irrigation system allows the proper management of the availability for irrigation and animal drinking and guarantees sustainable agricultural production in the Cañete River Valley, located in the Lima Region, Peru. The study was carried out based on the monitoring data of the quality of surface waters of the Cañete River carried out by the National Water Authority at the points of the Puente Socsi and Puente Clarita networks, with the objective of evaluating the state of the environmental quality of the water destined for irrigation in the Cañete Valley through the Environmental Quality Index of Surface Water Resources (ICARHS) and the values of the parameters of the Water Quality Standard (ECA) in Category 3 - Irrigation of vegetables and animal drinking, obtaining a good quality on the assessment scale; Likewise, it contemplates the evaluation of the agronomic quality of water for irrigation purposes, considering for its application the effect of salinity, sodium, specific toxic ions boron and chlorine and the saturation index, obtaining in the classification of the salinity and sodium indices as good, the toxic ion chloride as conditioned and the results of the positive Langelier saturation index indicating probable precipitation of CaCO_3 .

Keywords: Water Quality Standard, Environmental Quality Index of Surface Water Resources, monitoring network, salinity, sodicity, saturation index.

Artículo recibido 09 agosto 2025

Aceptado para publicación: 13 septiembre 2025



INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y las actividades productivas en los valles de la costa peruana, los eventos hidrológicos extremos, la degradación de la calidad del agua por actividades antrópicas, la informalidad en el uso y gestión de los recursos hídricos, vertimientos de residuos sólidos a los cuerpos de agua, aguas residuales, el cambio climático y aspectos políticos y sociales, afectan la disponibilidad y calidad del agua.

Para evaluar la calidad se utiliza en el Perú el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), herramienta matemática que solo aplica a cuerpos de agua Lóticos que integra una cantidad de parámetros cuyo análisis permite transformar estos datos en un valor que califica el estado de la calidad de los recursos hídricos en un punto de muestreo, precisando que para realizar este cálculo el punto de muestreo debe contar con cuatro monitoreos como mínimo.

La Autoridad Nacional del Agua del Perú por Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA aprueba la metodología “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)” como indicador ambiental para facilitar la interpretación del estado de la calidad del agua sobre la base de los parámetros de 4 categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) aprobado por Decreto Supremo del Ministerio del Ambiente N° 004-2017-MINAM: Categoría 1 - Subcategoría 2 – Agua superficiales destinadas a la producción de agua potable, Categoría 3 – Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales y Categoría 4 – Subcategoría E2 – Rios de la costa y sierra. La Autoridad Administrativa del Agua Cañete - Fortaleza y la Administración Local de Agua Mala – Omas – Cañete de la Autoridad Nacional del Agua determinaron la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua Superficial de la Cuenca del río Cañete.

Dada el área de influencia de los canales principales del sistema de riego del valle Cañete se considera en el estudio la Categoría 3 – Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales.

La evaluación de la calidad del agua de la presente investigación tiene como base la data histórica del período 2015-2022 de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua superficial en la Cuenca del río Cañete, los cuales fueron ejecutados por la Autoridad Nacional del Agua en los puntos de muestreo Puente Clarita y Puente Sosci de la red de monitoreo de la cuenca del río Cañete en el marco



del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) mediante Resolución Jefatural N°010-2016-ANA.

Se determinaron los Índices de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de acuerdo con la metodología establecida por la Autoridad Nacional del Agua tomando como base los parámetros de evaluación los Estándares de la Calidad Ambiental del Agua para la Categoría 3: riego de vegetales y la bebida de animales.

La calidad del agua con fines de riego en los mismos puntos de muestreo indicados, se evaluó el efecto de la salinidad, sodio, elementos tóxicos (boro y cloruros) y el índice de saturación.

Este estudio se centra en la evaluación del estado de la calidad del agua del río Cañete en los puntos de muestreo Puente Socsí (RCañe7) y Puente Clarita (RCañe8) mediante la metodología establecida por la Autoridad Nacional del Agua para determinar el estado de la calidad del agua de riego mediante el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) con los parámetros específicos de evaluación del Estándar de la Calidad Ambiental para Agua en la Categoría 3: Riego de vegetales y la bebida de animales (ECA Categoría 3), requiriendo esta metodología el monitoreo continuo de la toma de muestras de agua.

Además, se examinan parámetros agronómicos de la calidad del agua con fines de riego que influyen directamente en la aptitud del agua para fines agrícolas sobre el efecto de las sales (salinidad efectiva y salinidad potencial), efecto del sodio (relación de adsorción del sodio, carbonato de sodio residual y porcentaje de sodio posible), efecto de iones tóxicos (boro y cloruros) y el índice de saturación,

El objetivo del presente trabajo es contribuir con la gestión integrada y eficiente de los recursos hídricos del valle Cañete mediante la evaluación del estado de la calidad ambiental y agronómica del agua de riego del río Cañete.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área en estudio

El análisis del presente trabajo se encuentra ubicado en la cuenca del río Cañete. La cuenca del río Cañete se ubica en el departamento de Lima, Perú formando parte de las provincias de Cañete y Yauyos.

El ámbito administrativo de la cuenca relacionada con la gestión de los recursos hídricos es la Autoridad Administrativa del Agua Cañete – Fortaleza y la Administración Local del Agua Mala-Omas-Cañete.



El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie del nevado Ticlla de la cordillera de Pichahuajra, distrito de Huáñec, provincia de Yauyos, en la divisoria de cuencas con el río Mala. Sus recursos hídricos provienen de los aportes de la lluvia así como los derivados de lagunas y deshielo de los nevados ubicados estos principalmente en el extremo norte de la cuenca y sobre los 4,500 m. La longitud del río Cañete es de aproximadamente 220 km presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

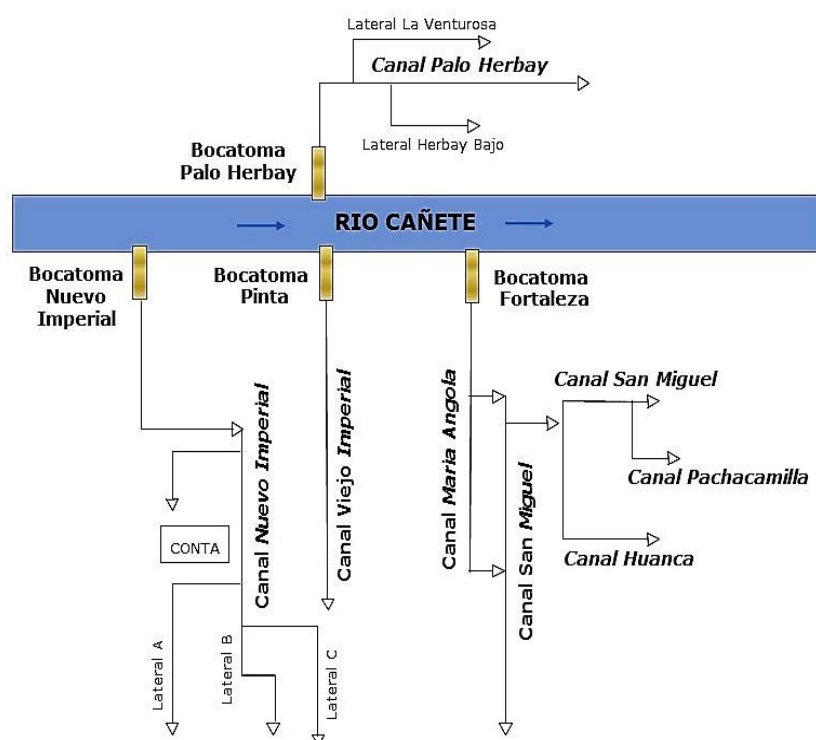
El control de las descargas del río Cañete se realiza en la estación de aforos Socsi que se encuentra localizada 20 m aguas arriba del puente Socsi y aproximadamente a un kilómetro aguas arriba de la bocatoma Nuevo Imperial.

El río Cañete es la fuente principal de los recursos hídricos superficiales con fines de riego del valle Cañete realizando la captación del agua del sistema de riego del valle mediante cuatro (04) bocatomas de tipo permanente Nuevo Imperial, La Pinta, Fortaleza y Palo Herbay, que dan origen a los canales de derivación principales Nuevo Imperial, Viejo Imperial, María Angola y Palo Herbay de las áreas bajo riego de las Comisiones de Regantes de la Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Cañete: Nuevo Imperial, Viejo Imperial, San Miguel, María Angola, Pachacamilla, Huanca y Palo Herbay en una superficie bajo riego de 22,465.28 ha con 7,975 predios y 6,233 usuarios. En la Figura 1 se presenta el esquema del sistema de riego.

Como se comprende, para evaluar la calidad de agua del río Cañete con fines de riego el área de estudio comprende el área de influencia del sistema de riego del valle, considerando en la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua del valle los puntos de muestreo Rcañe7 (Puente Socsi) y RCañe8 (Puente Clarita). La ubicación de los puntos de muestreo indicados se presenta en la Figura 2.

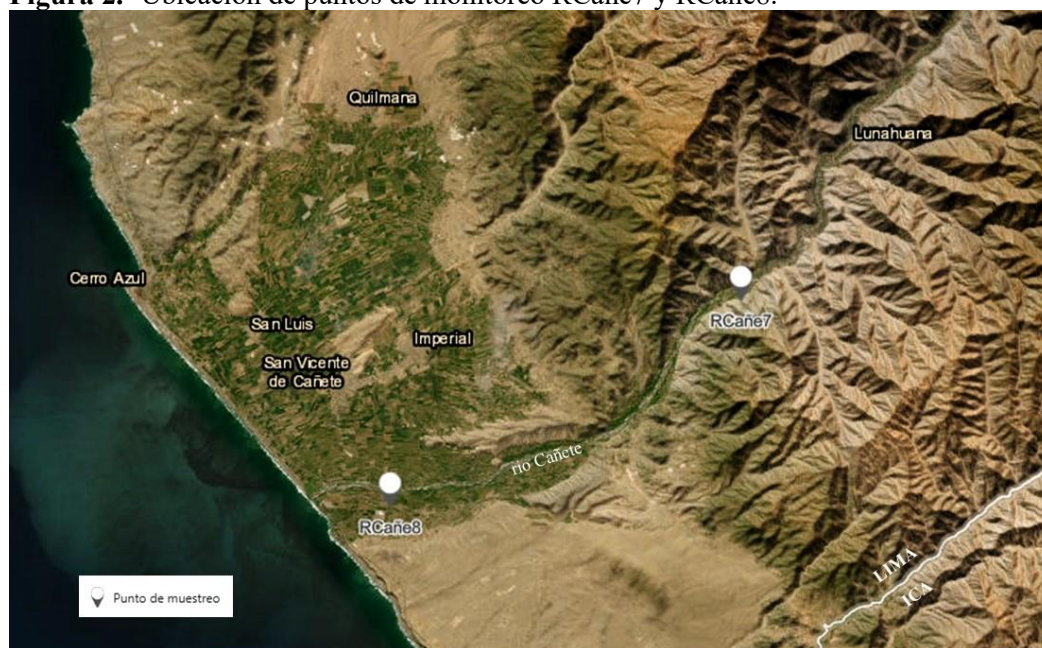


Figura 1: Sistema de riego del valle Cañete



Fuente: Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Cañete

Figura 2.- Ubicación de puntos de monitoreo RCañe7 y RCañe8.



Fuente: Imagen obtenida del Observatorio del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos – ANA

El punto de muestreo RCañe7 se ubica aguas abajo del distrito de Lunahuaná en el río Cañete en el puente Socsi, en las coordenadas UTM-WGS84 370491E, 8559413N a 196 msnm. El punto de muestreo RCañe8 se encuentra ubicado en el río Cañete a 500 m aproximadamente aguas abajo del puente Clarita en el cruce de la carretera Panamericana con el río Cañete en las coordenadas 352202E, 8548635N a 57 msnm.

Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) desde el año 2009 viene realizando monitoreos de la calidad de los recursos hídricos superficiales a fin de evaluar el estado de su calidad sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua) aprobado por Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. La ANA por Resolución Jefatural N° 068-2018-ANA aprueba la “Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales” (ANA, 2018). La ANA actualiza y establece mejoras para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE aprobando por Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA la metodología “Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”.

El Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) comprende una adaptación a la fórmula utilizada por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME, 2001) cuyo análisis permite evaluar el estado de la calidad de los recursos hídricos en un punto de muestreo teniendo en cuenta el número de parámetros que superan el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, el número de datos que no cumplen con el mencionado estándar y la magnitud de superación (ANA, 2020).

Parámetros para evaluar el ICARHS

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó los resultados de los monitoreos de la calidad del agua realizados en el río Cañete por la Autoridad Nacional del Agua en el periodo 2015-2022 que se presentan en la plataforma de internet del Observatorio Nacional de Recursos Hídricos – SNIRH del Servicio Nacional de Información de Recursos Hídricos, <https://snirh.ana.gob.pe/observatorio> SNIRH/ (ANA, 2024) y en los Informes de los Resultados de los Monitoreos Participativos de la Calidad del Agua de la Cuenca del río Cañete de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza (ANA, AAACF).



Se consideró el Estándar de Calidad Ambiental para Agua de la Categoría 3 – Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales para la evaluación del estado de la calidad ambiental y calidad del agua con fines de riego en los puntos de muestreo de la Red de Monitoreo Puente Sosci (RCañe7) y Puente Clarita (RCañe8).

De acuerdo con la metodología del Índice de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos Superficiales, en la Tabla 1 se presenta los parámetros y los Estándares de Calidad Ambiental para la Categoría 3 – Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales para el cálculo del ICARHS.

Los parámetros se encuentran agrupados en dos grupos definidos como Subíndices: Subíndice 1 (S₁): Materia orgánica y Subíndice 2 (S₂): Físico – químico Metal.

Tabla1.- Parámetros a evaluar en el ICARHS y Estándar de Calidad Ambiental para el Agua, Categoría ECA 3: Riego de vegetales y bebida de animales (DS N° 004-2017-MINAM)

Parámetros	Unidades	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de Animales
MATERIA ORGÁNICA			
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	15	15
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	>= 4	>= 5
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000
FÍSICO - QUÍMICO METAL			
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Conductividad Eléctrica	(μS/cm)	2500	5000
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Aluminio	mg/L	5	5
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Hierro	mg/L	5	----
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Boro	mg/L	1	5
Cobre	mg/L	0.2	0.5

Fuente: Elaboración propia

Calculo de Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales

Para el cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) la metodología indica que solo aplica a cuerpos de agua Lóticos y tener registrados los datos en los puntos

de muestreo de la Red de Monitoreo con cuatro monitoreos como mínimo, específicamente en el presente trabajo en los puntos de control Puente Socsi (RCAñe7) y Puente Clarita (RCAñ8), se dispone los registros de los datos de monitoreo del periodo 2015-2022 que fueron evaluados con Categoría 3 del Estándar de Calidad Ambiental (ECA).

A continuación, se describe la metodología del “Índice de Calidad del Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)” elaborada por la Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua y aprobada por la Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA (ANA, 2020).

Para la determinación del ICARHS se aplica la fórmula CCME WQI desarrollada por el Consejo de Ministros del Ambiente de Canadá y modificada por los Ministerios del Ambiente de Alberta y Columbia Británica (provincias de Canadá) que se presenta a continuación:

$$\text{CCMEWQI} = \text{ICARHS} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (1)$$

El resultado de esta fórmula origina un valor numérico desde 1 a 100 que va a representar y describir el estado de la calidad ambiental del punto de monitoreo analizado y comprende tres factores: Alcance (F_1), Frecuencia (F_2) y Amplitud (F_3).

F1 - Alcance: Es la cantidad de parámetros que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental para Agua establecidos en el D.S. N° 004-2017-MINAM vigente con respecto a la cantidad de parámetros a evaluar.

$$F_1 = \frac{\text{N° de parámetros que no cumplen los ECA Agua}}{\text{N° total de parámetros a evaluar}} \times 100 \quad (2)$$

F2 - Frecuencia: Cantidad total de datos que no cumplen los Estándares de Calidad Ambiental para Agua con respecto al total de datos de los parámetros a evaluar (datos que corresponden a los resultados de un mínimo de 4 monitoreos).

$$F_2 = \frac{\text{Nº de los datos que NO cumplen los ECA Agua}}{\text{Nº total de los datos evaluados}} \times 100 \quad (3)$$

F₃ - Amplitud: Es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la suma normalizada de excedentes, es decir los excesos de todos los datos respecto al número total de datos

$$F_3 = \left(\frac{\text{Suma Normalizada de Excedentes}}{\text{Suma Normalizada de Excedentes} + 1} \right) \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Suma Normalizada de Excedentes} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Excedente}_i}{\text{Total de datos}}$$

Excedente, se da para cada parámetro, siendo el valor que representa la diferencia del valor ECA y el valor del dato respecto al valor del ECA para Agua.

Caso 1: Cuando el valor de concentración del parámetro supera al valor establecido en el ECA- Agua, el cálculo del excedente se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}}{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}} \right) - 1$$

Caso 2: Cuando el valor de concentración del parámetro es menor al valor establecido en el ECA para Agua, incumpliendo la condición señalada en el mismo:

$$\text{Excedente} = \left(\frac{\text{Valor establecido del parámetro en los ECA Agua}}{\text{Valor del parámetro que no cumple los ECA Agua}} \right) - 1$$

Escalas de valoración:

El resultado del ICARHS se presenta como un número adimensional comprendido entre 0 y 100 establecido en cinco rangos que se muestran en la Tabla 2 (ANA. 2020).

Tabla 2.- Escalas de Valoración del ICARHS

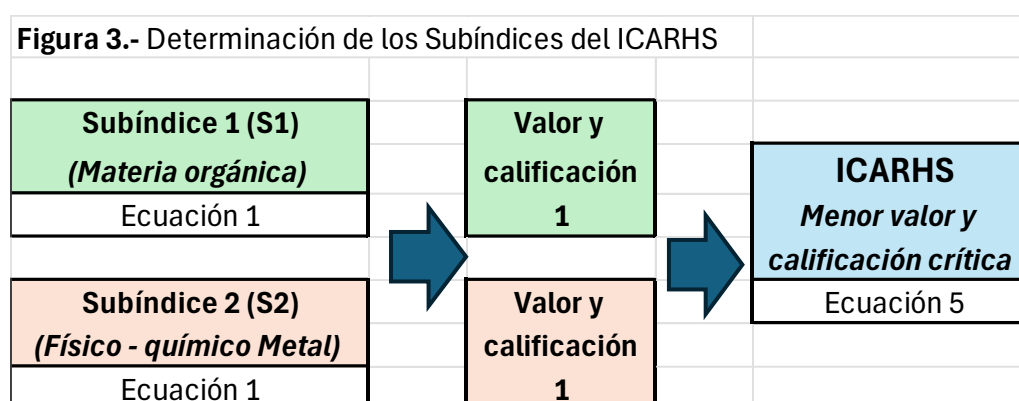
Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Interpretación
95-100	Excelente	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80-94	Bueno	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65-79	Regular	La calidad de agua natural ocasionalmente es amenazada o dañada. La calidad del agua a menudo se aleja de los valores deseables. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
45-64	Malo	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0-44	Pésimo	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento.

La visualización gráfica utiliza los colores RGB: Metodología Canadiense (CCME_WQI).

El cálculo del ICARHS, depende de la evaluación del Subíndice 1 (S_1): Materia Orgánica y Subíndice 2 (S_2): Físico – químico Metal presentados en la Tabla 1, los que se calcularán en función de parámetros determinados para cada Subíndice.

La calificación final será determinada por el resultado de menor valor y calificación crítica determinada de ambos Subíndices, como esquemáticamente se muestra en la Figura 2.

$$\text{ICARHS} = \min. (S_1, S_2) \quad (5)$$



Determinación de la calidad agronómica del agua de riego

Para la evaluación de la calidad agronómica del agua con fines de riego se presenta en la Tabla 3 el análisis de agua del Canal Viejo Imperial que tiene como fuente base de captación el río Cañete en la bocatoma La Pinta (Muestra 488) realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF UNALM) y los análisis de agua de los puntos de control Puente Socsi y Puente Clarita presentados en el informe Monitoreo de la Calidad de Aguas Superficiales del río Cañete del año 2000 de la Dirección General de Aguas y Suelos - Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA.

La conveniencia del uso de agua superficial con fines de riego depende de la concentración y clase de las sales disueltas en el agua en relación con su efecto sobre el suelo y los cultivos. Las variables directas para evaluar la calidad de agua para riego que determinan la conveniencia ó limitación de su uso tienen los siguientes criterios: contenido de sales solubles, efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo y la toxicidad iónica específica (Tartabull, Betacourt, 2016).

Para clasificar las aguas de riego cada criterio indicado tiene los siguientes índices de evaluación:

- Contenido de sales solubles: conductividad eléctrica (CE), salinidad efectiva (SE) y salinidad potencial (SP).
- Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo: Relación de adsorción del sodio (RAS), carbonato de sodio residual y porcentaje de sodio posible.
- La toxicidad iónica específica: Contenido de boro y cloruros.

Tabla 3.- Análisis de agua del Canal Viejo Imperial, Puente Socsi y Puente Clarita-Cañete

Parámetros	Unidad	Muestra 488	Puente Socsi		Puente Clarita
		17/07/2013	12/11/1999	18/11/2000	19/11/2000
Cond. Eléctrica CE	dS/m	0.49	0.43	0.419	0.472
pH	-	8.42	7.95	8.5	8.11
Calcio	meq/l	3.24	2.17	2.679	3.03
Magnesio	meq/l	0.86	1.44	0.847	0.849
Sodio	meq/l	0.71	0.73	0.616	0.737
Potasio	meq/l	0.1	0.08	0.07	0.087
Suma de cationes		4.91	4.42	4.212	4.703
Cloro	meq/l	0.5	0.72	0.516	0.688
Carbonatos	meq/l	0.66	0	0.113	-0.033
Bicarbonatos	meq/l	2.85	3	1.519	1.834
Sulfatos	meq/l	1.15	0.92	1.978	1.978
Nitratos	meq/l	0.01	0	0.003	0.009
Suma de aniones		5.17	4.64	4.129	4.476
Boro	ppm	0.28	0.543	0.28	0.24
RAS		0.5	0.543	0.5	0.5
Clase		C₂S₁	C₂S₁	C₂S₁	C₂S₁
Canal Viejo Imperial - Muestra 488. Fuente: LASPAF-UNALM-2013					
Puente Socsi _ Muestras de 12/11/1999 y 18/11/2000. Fuente: INRENA-DGA-2000					
Puente Clarita - _Muestra del 19/11/2000. Fuente: INRENA-DGA-2000					

Contenido de sales solubles

La conductividad eléctrica (CE): indica la cantidad total de sales disueltas en el agua y es el indicador que se usa para determinar el daño producido por la salinidad (Tartabull, Betacourt, 2016). Las sales del suelo y del agua reducen la disponibilidad del agua a las plantas afectando los rendimientos. (Ayers y Wescot, 1987).

La clasificación del agua de riego según el U.S. Salinity Laboratory indica: agua de baja salinidad (C₁) cuando la CE varía de 0 a 250 μ S/cm y puede utilizarse para riego de la mayoría de cultivos; agua de salinidad media (C₂) son CE varía de 250 a 750 μ S/cm puede usarse siempre y cuando haya un grado

moderado de lavado; agua altamente salina (C_3) con CE que varía de 750 a 2,250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no puede usarse en suelos cuyo drenaje sea deficiente y agua muy altamente salina (C_4) no es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales (Vásquez A, Vásquez I, Vilchez)

La salinidad efectiva (SE): Es la estimación más real del peligro de las sales solubles del agua al pasar a formar parte de la solución del suelo tomando en cuenta la precipitación ulterior de las sales menos solubles: carbonato de calcio y magnesio y sulfato de calcio. La salinidad efectiva se calcula en dependencia del valor de las diferentes concentraciones de los iones expresadas en meq/l de calcio, magnesio, sulfato, carbonato y bicarbonato (Castellon, 2014):

Sí $\text{Ca} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$ entonces $\text{SE} = \Sigma \text{Cationes} - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4)$; si $\text{Ca} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{SO}_4$ pero $\text{Ca} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ entonces: $\text{SE} = \Sigma \text{Cationes} - \text{Ca}$; si $\text{Ca} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ pero $\text{Ca} + \text{Mg} > \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ entonces $\text{SE} = \Sigma \text{Cationes} - (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ y si $\text{Ca} + \text{Mg} < \text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ entonces $\text{SE} = \Sigma \text{Cationes} - (\text{Ca} + \text{Mg})$.

Salinidad potencial (SP): La salinidad potencial es un índice para estimar el peligro de las últimas sales que quedan en solución a bajos niveles de humedad. Cuando la humedad aprovechable del suelo disminuye a menos del 50%, las últimas sales que quedan en solución son cloruros y parte de sulfatos, sales que aumentan la presión osmótica. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{SP} = \text{Cl} + \frac{1}{2}\text{SO}_4$$

La SE como la SP se clasifican de acuerdo con tres criterios de calidad. Buena calidad cuando los valores son menos de tres, condicionada cuando los valores están comprendidos entre 3 y 15 y no recomendable para valores mayores de 15 (INRENA, 2000).

Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo

Relación de adsorción del sodio (RAS): La Relación de Adsorción del Sodio, es el índice más difundido para medir peligro de sodificación. Existe relación directa con el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del suelo, a mayor RAS existe peligro de sodificación. La RAS está dada por la siguiente ecuación donde las concentraciones de sodio, calcio y magnesio respectivamente expresados en meq/l:



$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

La clasificación de aguas de riego considera: Agua baja de sodio (S_1) cuando valores de RAS varían de 0 a 10, puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable; agua media en sodio (S_2) con valores de RAS de 10 a 18, en suelos de textura fina con alta capacidad de intercambio de cationes el sodio representa un peligro considerable; agua alta en sodio (S_3) con RAS de 18 a 26, puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos y agua muy alta en sodio (S_4) con RAS mayor de 26 en general es inadecuada para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media (Vásquez A, 2000).

El carbonato de sodio residual (CSR): Es un índice que mide el efecto de la concentración de bicarbonatos en la calidad del agua. Cuando en el agua de riego el contenido de carbonatos y bicarbonatos es mayor que el de calcio más magnesio, existe la posibilidad de que se forme carbonato de sodio debido a que su alta solubilidad puede permanecer en solución, aún después que se han precipitado los carbonatos de calcio y magnesio. En estas condiciones, la concentración total y relativa de sodio puede ser suficiente para desplazar al calcio y magnesio del complejo de intercambio, produciéndose la defloculación del suelo.

El carbonato de sodio residual (CSR) está dada por la siguiente ecuación donde las concentraciones de carbonato, bicarbonatos, calcio y magnesio respectivamente están expresados en meq/l.

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

Cuando el valor del CSR es menor de 1.25 meq/l el agua es buena, condicionada cuando presenta valores de CSR de 1.25 a 2.5 meq/l y no recomendable con CSR mayor de 2.5 meq/l (Pérez, 2011).

Porcentaje de sodio posible (PSP): El peligro del desplazamiento del calcio y del magnesio en el complejo de cambio, comienza cuando el contenido del sodio en solución representa más de mitad de los cationes disueltos, por eso el PSP está referido a la salinidad efectiva (SE), mediante la siguiente relación:

$$PSP = \frac{Na}{SE} * 100$$



La clasificación de las aguas de riego por el porcentaje de sodio posible es buena con PSP menor de 50 meq/l y condicionada mayor de 50 meq/l (Pérez, 2011).

Toxicidad iónica específica: Contenido de boro y cloruros.

Boro: El Boro, en pequeñísimas concentraciones, es esencial para el desarrollo normal de las plantas. La deficiencia de boro produce síntomas apreciables en muchas especies. Es muy tóxico para ciertas especies y la concentración que afecta a éstas es casi la misma que necesitan para un desarrollo normal muchas de las plantas tolerantes. Los limoneros muestran daños definidos y a veces económicamente importantes cuando se riegan con agua que contenga 1 ppm de boro, en tanto que la alfalfa logra su desarrollo máximo si el agua de riego posee de 1 a 2 ppm de boro.

Cuando la concentración de sales de boro disueltas en el agua de riego es menor de 3 ppm es buena, es condicionada con concentraciones de boro 3 a 4 ppm y no es recomendable cuando la concentración de boro es mayor de 4 ppm (Tartabull, Betacourt, 2016).

Contenido de cloruros: El ion cloruro es tóxico especialmente en árboles frutales (cítricos y fresas). Se carece de información sobre la tolerancia en otros cultivos.

Con relación a los cloruros el agua es buena cuando la concentración de Cl es menor de 1 meq/l, condicionada con valores de Cl de 1.0 a 5.0 meq/l y no recomendable cuando la concentración de Cl es mayor de 5 meq/l.

Índice de Saturación de Langelier

En sistemas de riego localizados de alta frecuencia las obstrucciones son causadas por las partículas más pesadas que el agua las cuales físicamente pueden ser filtradas o sedimentadas.

Las obstrucciones provocadas por las precipitaciones químicas de materiales carbonato o sulfato de calcio se producen gradualmente, favoreciendo la precipitación química las altas temperaturas y valores altos de pH. La precipitación del calcio en el agua puede anticiparse mediante el Índice de Saturación de Langelier, según el cual el carbonato de calcio precipita cuando alcanza su límite de saturación en presencia de bicarbonato (Ayers y Wescot, 1987).

El Índice de Saturación de Langelier, está dada por la siguiente relación:



$$\text{Índice de saturación} = \text{pHa} - \text{pHc}$$

Donde pHa es el pH actual del agua y pHc es el pH teórico que el agua alcanzaría en equilibrio con el CaCO_3 .

$$\text{pHc} = (\text{pK}_2 - \text{pK}_c) + \text{pCa} + \text{p(Alk)}$$

$(\text{pK}_2 - \text{pK}_c)$ se obtiene de la concentración de $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na})$ en meq/l; pCa se obtiene de la concentración de Ca en meq/l y p(Alk) se obtiene de la concentración de $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ en meq/l.

Valores positivos del índice de saturación indican la tendencia del CaCO_3 a precipitarse, mientras que los valores negativos sugieren que el CaCO_3 se mantiene en solución

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales

En los puntos de muestreo de la Red de Monitoreo del río Cañete Puente Sosci (RCañe7) y Puente Clarita (RCañ8) de acuerdo con la metodología del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, 2024) del río Cañete, se realizó el análisis de los valores registrados de los parámetros de calidad a evaluar en el ICARHS en 9 años de monitoreos en el periodo del año 2015 a 2022 considerando el Estándar de Calidad Ambiental para Agua de la Categoría 3 – Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales.

ICARHS del Punto de Muestreo Puente Sosci (RCañe7)

En la Tabla 4 se presenta el cálculo y evaluación de los parámetros de calidad de los grupos Subíndice 1 materia orgánica y Subíndice 2 físico - químico metal con los valores del Estándar de Calidad Ambiental para Agua Categoría 3: Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales (DS N° 004-2017-MINAM) con los datos registrados en los monitoreos realizados por la Autoridad Nacional del Agua en el río Cañete en el Punto de Muestreo Puente Sosci (RCañe7) el periodo del año 2015 a 2022 de acuerdo a la metodología del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales - ICARHS (ANA 2024).



Tabla 4. Cálculo y evaluación del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) – Punto de Muestreo: Puente Sosci - RCañe7

PARAMETROS	Unidades	Subcategoría ECA 3		17 Dic 2002	22 May 2021	16 Nov 2020	15 May 2020	9 Dic 2019	14 May 2018	24 Oct 2017	8 Ago 2016	21 Oct 2015	
		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de Animales										
MATERIA ORGÁNICA													
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	15	15	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 3	< 3	
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	8	9	3	6	8	4	3	8	< 6	
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	>= 4	>= 5	-	10.371	7.74	6.6	7.1	9.1	8.93	8.87	8.33	
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000	11	1300	490	170	240	4600	790	330	33	
FÍSICO - QUÍMICO METAL													
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	9.25	8.7	8.31	8.6	8.6	-	8.38	8.58	8.4	
Conductividad Eléctrica	(µS/cm)	2500	5000	325	390.4	479	586	252.2	349.5	536	421	438.8	
Arsénico	mg/L	0.1	0.2	0.006	0.0065	0.0072	0.0056	0.0067	0.00538	0.00713	0.017	< 0.007	
Aluminio	mg/L	5	5	0.044	0.058	0.29	0.052	0.214	0.043	0.426	0.072	0.051	
Manganeso	mg/L	0.2	0.2	0.0029	0.0057	0.0108	0.0028	0.0144	0.00307	0.02334	0.003	0.005	
Hierro	mg/L	5	----	0.045	0.091	0.292	0.059	0.247	0.0287	0.4737	0.287	0.078	
Cadmio	mg/L	0.01	0.05	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.00001	< 0.00001	< 0.00018	< 0.001	
Plomo	mg/L	0.05	0.05	< 0.0002	0.0004	0.0005	< 0.0002	0.0014	< 0.0002	0.0008	< 0.0002	< 0.001	
Boro 5/	mg/L	1	5	0.306	0.172	0.275	0.165	0.238	0.187	0.299	0.247	0.241	
Cobre	mg/L	0.2	0.5	0.0007	0.0009	0.0018	0.001	0.0021	0.00068	0.0021	0.018	< 0.002	
	Número de parámetros que NO cumplen			2									
	Número Total de parámetros por Evaluar			14									
	Número de datos que NO cumplen con el ECA			7									
	Número Total de Datos			124									
	FACTORES	F1: Alcance			2/14 * 100 = 14.28								
		F2: Frecuencia			7/124 *100 = 6.45								
F3: Amplitud			3.158823205										
EXCEDENTES													
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000		0.3				3.6				
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	0.088235	0.023529		0.011765	0.011765			0.009412		
Sumatoria de Excedentes:				4.044705882									
Suma Normalizada de Excedentes:				0.032618596									
F3 (Amplitud)				3.158823205									
ICARHS				90.77116739									
				BUENO									
				NOTA: 9.25 Excede el valor del ECA Agua en la Categoría 3									

Se observa que no cumplen con los ECA el 14.2 % de los parámetros de calidad (Factor F₁) y el 6.5% de los 124 de los datos analizados (Factor F₂). El Factor F₃ que representa la amplitud de la desviación de los valores con respecto a los ECA presenta una magnitud relativamente baja de 3.1 porque la mayoría de los valores de los excedentes de todos los datos no exceden respecto al número total de datos.

De acuerdo con los resultados y los datos totales de los parámetros de calidad mostrados en la Tabla 4 el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales - ICARHS de las aguas del río Cañete en el Punto de Muestreo Puente Sosci (RCañe7) es 90.7 teniendo la calificación Bueno de acuerdo con la escala de valoración del ICARHS.

En el grupo Materia Orgánica se observa que los valores del parámetro coliformes termotolerantes, presentan valores mayores al mínimo permitido que señala el ECA Agua, Categoría 3 (1,000 NMP/100 ml) en el muestreo del año 2021 con 1,300 NMP/100 ml y con un valor de 4,600 NMP/100 ml el 14 de mayo del año 2018 probablemente por la presencia de alguna eventual descarga de aguas residuales domésticas que estaría afectando la calidad de aguas en el indicado punto de control.

ICARHS del Punto de Muestreo Puente Clarita (RCañe8)

En la Tabla 5 se presenta el cálculo y evaluación del ICARHS en el Punto de Muestreo Puente Clarita (RCañe8) con los datos de los parámetros de calidad registrados en los monitoreos realizados en el río Cañete por la Autoridad Nacional del Agua en el periodo del año 2015 a 2022.

El Factor F_1 indica que el 14.3 % de los parámetros de calidad no cumplen con el ECA; así mismo no cumplen con el ECA el 4.12 % de los 123 datos analizados (Factor F_2). El Factor F_3 presenta una amplitud de 4.0 similar al Punto de Muestreo RCañe7. El Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales en el Punto de Muestreo Puente Clarita (RCañe8) es 91.1 con calificación ICARHS Bueno de acuerdo con la escala de valoración.

Tabla 5. Cálculo del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) – Punto de Muestreo: Puente Clarita – RCañe8 - San Vicente de Cañete.

PARAMETROS	Unidades	Subcategoría ECA 3		17 Dic 2002	21 May 2021	16 Nov 2020	15 May 2020	12 Dic 2019	14 May 2018	24 Oct 2017	8 Ago 2016	21 Oct 2015
		D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de Animales									
MATERIA ORGÁNICA												
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	15	15	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<3	5
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40	8	5	<2	<2	11	<2	3	7	12
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	>= 4	>= 5	-	10.939	8.03	7.82	7.32	10.7	8.2	8.36	9.29
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000	22	1100	94	790	330	4600	490	2300	490
FÍSICO - QUÍMICO METAL												
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	9.16	8.73	8.17	7.83	8.3	-	8.32	8.29	8.32
Conductividad Eléctrica	(µS/cm)	2500	5000	704	414.2	576	391.6	402.2	-	489	476.9	631.5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2	0.0044	0.006	0.0051	0.0049	0.0062	0.00506	0.00586	0.014	<0.007
Aluminio	mg/L	5	5	0.048	0.06	0.065	0.066	0.135	0.032	0.034	0.092	0.034
Manganeso	mg/L	0.2	0.2	0.0048	0.0063	0.0046	0.003	0.0099	0.01172	0.018	0.008	0.006
Hierro	mg/L	5	---	0.05	0.093	0.072	0.067	0.211	0.0205	0.058	0.297	0.052
Cadmio	mg/L	0.01	0.05	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.00001	<0.00001	<0.00018	<0.001
Plomo	mg/L	0.05	0.05	<0.0002	0.0005	<0.0002	0.0005	0.0008	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.001
Boro 5/	mg/L	1	5	0.298	0.18	0.287	0.166	0.232	0.199	0.29	0.249	0.258
Cobre	mg/L	0.2	0.5	0.0011	0.0011	0.0011	0.0015	0.0022	0.00095	0.00126	0.021	<0.002
FACTORES	Número de parámetros que NO cumplen			2								
	Número Total de parámetros por Evaluar			14								
	Número de datos que NO cumplen con el ECA			5								
	Número Total de Datos			123								
	F1: Alcance			2/14 * 100 = 14.28								
FACTORES	F2: Frecuencia			5/123 *100 = 4.06								
	F3: Amplitud			3.984791852								
EXCEDENTES												
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1000	1000		0.1				3.6		1.3	
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4	0.077647	0.027059							
Sumatoria de Excedentes:				5.104705882		NOTA:						
Suma Normalizada de Excedentes:				0.041501674		4600		Excede el valor del ECA Agua en la Categoría 3				
F3 (Amplitud)				3.984791852								
ICARHS				91.12504594								
				BUENO								

83.1 y 94.1 respectivamente.

En el Punto de Muestreo Puente Clarita – Rcañe8 el registro de los monitoreos presentan valores del parámetro coliformes termotolerantes que exceden el valor establecido en los ECA Agua en la Categoría 3 (1,000 NMP/100 ml) en los registros del año 2016 (2,300 NMP/100 ml), el año 2018 (4,600 NMP/100

ml) y en el año 2021 (1,100 NMP/100 ml). Aguas arriba de este punto el Punto de Muestreo Puente Posic - RCañe7 el monitoreo en el año 2016 no presenta exceso de coliformes (330 NMP/100 ml).

Calidad agronómica del agua con fines de riego

La clasificación de aguas con fines de riego en base al análisis de las muestras de agua obtenidas de los puntos de control hidrométrico Canal Viejo Imperial (Muestra 488), Puente Socsi y Puente Clarita presentados en la Tabla 3 determinan que las aguas del río Cañete se clasifican como C₂S₁ con salinidad moderada y sin problemas de sodio.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la calidad agronómica del agua con fines de riego obtenidos en los puntos de control indicados relacionados con el contenido de sales solubles, efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo y la toxicidad iónica específica de boro y cloruros. Se complementó el análisis de obstrucciones de riego localizado con el Índice de Saturación de Langelier. Como puede observarse, con relación a las sales solubles la conductividad eléctrica (CE) de las muestras indicadas presenta una salinidad moderada promedio de 0.45 dS/m, valores de salinidad efectiva (SE) promedio de 1.08 y salinidad potencial (SP) de 1.35 meq/l respectivamente indicando que el agua de acuerdo con su salinidad es buena, no condicionándose la calidad agronómica de las mismas por salinidad.

Con relación a los índices de análisis del efecto probable del sodio sobre las características del suelo, las aguas del río Cañete presentan como indicador la relación de adsorción del sodio RAS bajas en sodio, carbonato de sodio residual (CSR) como buenas y porcentaje de sodio posible (PSP) como condicionada de acuerdo con el tipo de suelo y manejo del agua no existiendo restricción alguna para su uso.

Sobre el efecto de la toxicidad iónica específica, las concentraciones de boro en promedio son de 0.34 ppm y las concentraciones de cloruros en promedio de 0.61 meq/l, de acuerdo con su clasificación la calidad de agua de riego es buena.

Los cálculos del Índice de Saturación de Langelier de las muestras de agua en los puntos de control presentan resultados positivos por los valores de pH altos registrados y pH_c indicando la tendencia del CaCO₃ en precipitarse y probablemente podrían obstruir sistemas de riego localizado de alta frecuencia.



Tabla 6.- Calidad del agua con fines de riego del Canal Viejo Imperial, Puente Socsi y Puente Clarita – Cañete

Parámetros	Canal Viejo Imperial	Puente Socsi		Puente Clarita
	Muestra 488	12/11/1999	18/11/2000	19/11/2000
Contenido de sales solubles				
Conductividad Eléctrica - CE (dS/m)	0.49	0.43	0.42	0.47
	Salinidad moderada	Salinidad moderada	Salinidad moderada	Salinidad moderada
Salinidad Efectiva (meq/l)	1.40	1.42	0.60	0.92
	Buena	Buena	Buena	Buena
Salinidad Potencial (meq/l)	1.08	1.18	1.51	1.68
	Buena	Buena	Buena	Buena
Efecto probable del sodio sobre características del suelo				
Relación de Adsorción del Sodio - RAS	0.50	0.54	0.46	0.53
	Baja en sodio S1	Baja en sodio S1	Baja en sodio S1	Baja en sodio S1
Carbonato Sodio Residual (meq/l)	0	0	0	0
	Buena	Buena	Buena	Buena
Porcentaje Sodio Posible (%)	50.71	51.41	102.33	79.76
	Condicionada	Condicionada	Condicionada	Condicionada
Contenido elementos tóxicos para las plantas				
Boro (ppm)	0.28	0.54	0.28	0.24
	Buena	Buena	Buena	Buena
Cloro (meq/l)	0.50	0.72	0.52	0.69
	Buena	Buena	Buena	Buena
CLASE	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁
Índice de Saturación				
pH	8.42	7.95	8.5	8.11
pHc	7.426	7.666	7.814	7.74
Índice de saturación Is = pH-pHc	0.994	0.284	0.686	0.37
	Is: Positivo	Is: Positivo	Is: Positivo	Is: Positivo
Probable precipitación de CaCO₃				

CONCLUSIONES

Se determinó que el del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de las muestras de agua del río Cañete registradas en los monitoreos realizados en el periodo 2015 – 2022 por la Autoridad Nacional del Agua cuyos parámetros fueron evaluados con el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) en Categoría 3, Subcategoría D1 - Riego de vegetales y Subcategoría D2 - Bebida de animales en el punto de muestreo Puente Socsi (RCañe7) y en el Puente Clarita (RCañe8) por el área de influencia de los canales principales del sistema de riego del valle Cañete.

El Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) de las aguas del río Cañete en los puntos de muestreo evaluados Puente Socsi (RCañe7) y Puente Clarita (RCañe8) son 84.1 y 83.1 con calificación de calidad ambiental del agua Bueno de acuerdo con la escala de valoración del ICARHS.

La buena ponderación ambiental y agronómica de la calidad del agua que es captada en el río Cañete y distribuida en el sistema de riego del valle Cañete el estudio permitió demostrar que es de buena calidad. En los parámetros de calidad del grupo Materia Orgánica se observa que los valores del parámetro de calidad coliformes termotolerantes presentan valores mayores al mínimo permitido que señala el ECA Agua, Categoría 3 (1,000 NMP/100 ml) probablemente por la presencia de algunas eventuales descargas de aguas residuales domésticas que estarían afectando la calidad de aguas en los puntos de muestreo.

Con respecto al parámetro de calidad pH en el grupo Físico - químico Metal, algunos años presentan valores mayores del rango establecido por el ECA Agua Categoría 3 tendiendo a la alcalinidad, siendo el pH promedio en el punto de muestreo RCañe7 de 8.6.

Los parámetros de calidad arsénico, aluminio, manganeso, hierro, cadmio, plomo, boro y cobre en los puntos de muestreo RCañe7 y RCañe8 presentan bajos valores de concentración cumpliendo con la Categoría 3 del ECA Agua.

El agua utilizada para la agricultura cumple con los parámetros químicos de calidad agronómica con fines de riego requeridos para su uso en la agricultura no presenta riesgos de salinización ni sodificación para los cultivos y los suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2024).** Observatorio Nacional de Recursos Hídricos – SNIRH del Servicio Nacional de Información de Recursos Hídricos Web site [https://snirh.ana.gob.pe/observatorio SNIRH/](https://snirh.ana.gob.pe/observatorio%20SNIRH/)
- **Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2020).** Aprobación de la metodología “Índice de Calidad del Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)”. Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA
- **Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2020).** ANA, Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos. Índice de Calidad del Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)
- **Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2018).** Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales.
- Repositorio de la Autoridad Nacional del Agua:
<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2440>



- **Autoridad Nacional del Agua, Autoridad Administrativa de Agua Cañete-Fortaleza, Autoridad Local de Aguas Mala-Omas-Cañete. ANA-AAACF.** Informes técnicos de resultados del monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Cañete. Lima, Perú.
- **Avelar Robiero J. U. et al (2023).** Calidad Agronómica de las aguas residuales en los distritos de riego Tula y Alfajayucan. Revista SciELO Analytics, Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Universidad Autónoma Chapingo. Méjico.
- **Ayers, R. S. y D. W. Wescot (1987).** La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO riego y drenaje 29. 174 p.
- **Canada, Canadian Council Of Ministers of the Environment Winnipeg, CCME (2001).** Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0: <http://www.ccme.ca/sourcetotap/>
- **Castellón Gómez Roberto Bernal, et al. (2014).** Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala, Ingeniería Revista Académica, Universidad Autónoma de Yucatán, Méjico.
- **Cerna-Cueva A.F. et al (2022).** Calidad del agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. Revista SciELO Analytics, Perú. Scientia Agropecuaria. Trujillo, Perú.
- **Domingo Rafael.** La calidad agronómica de las aguas de riego. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica. Universidad Politécnica de Cartagena (ETSIA-UPCT). <https://georgiusm.com/wp-content/uploads/2017/12/tema-8-calidad-agronc3b3mica-del-agua-de-riego.pdf>
- **Enrique Ayala E. M. et al (2021).** Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de los Pantanos de Villa (Lima, Perú). South Sustainability 2(2) e36. Lima Perú.
- **Instituto Nacional de Recursos Naturales – Dirección General de Aguas y Suelos. INRENA (2000).** Monitoreo de la calidad de aguas superficiales rio Cañete, 2000.
- **Ministerio del Medio Ambiente, MINAM. (2017).** Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM



- **Pérez León José (2011).** Manual para determinar la calidad del agua para riego agrícola. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Agrícolas. Veracruz, Méjico, 41p.
- **Tartabuth P. Tania, Betancourt A. Carmen (2016).** La calidad del agua para riego: Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. Revista Científica Agroecosistemasm, Cuba.
- **Vásquez V. Absalón., Vásquez R. Isaak, Vilchez O. Guillermo (2000).** Principios Básicos del Riego. Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 264 p.

