



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE  
RIEGO YOCARA EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA  
EMPLEANDO LA METODOLOGÍA ICARHS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. CESAR JULIAN ZEA CANAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DEL SISTEMA DE RIEGO YOCARA EN EL  
RENDIMIENTO AGRÍCOLA EMPLEANDO  
LA METODOLOGÍA ICARHS**

AUTOR

**CESAR JULIAN ZEA CANAZA**

RECuento DE PALABRAS

**14924 Words**

RECuento DE CARACTERES

**77090 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**85 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 17, 2023 1:28 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 17, 2023 1:29 PM GMT-5**

### ● 18% de similitud general



Firmado digitalmente por BELIZARIO  
QUISPE German FAU 20145496170  
soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 17.05.2023 13:44:41 -05:00

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

Resumen



## DEDICATORIA

A nuestro divino creador Dios, que a diario me da fuerza y me mantiene de pie, donde la fortaleza es la inspiración de seguir por la senda en alcanzar mis objetivos propuestos, uno de ellos son los estudios universitarios y poder cumplir mi meta.

Con todo mi cariño y amor para mis padres Alejandro Zea y Aurelia Canaza, que hicieron todo lo posible en la vida para que yo logre mis sueños, por ser los pilares de mi instrucción para ser mejor cada día como ser humano lleno de humildad en donde refleja la enseñanza que me infundieron desde pequeño, por motivarme y darme ese apoyo que tanto necesitaba, que estarán presentes en mi corazón en el transcurso de toda mi existencia. Quiero que sepan que lo que logré no hubiera sido posible de alcanzar si no hubiera contado con ellos. A ustedes por siempre mil gracias.

A mis queridos hermanos Edgar David, Lucia, Percy y Humberto por la paciencia, comprensión y brindarme su apoyo en todo momento y por confiar en mis objetivos de culminar los estudios universitarios, los cuales son mi inspiración para seguir adelante.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola que me compartieron sus conocimientos y a mis compañeros que juntos realizamos el esfuerzo de seguir en el constante estudio diario.



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno por ser el alma mater que me brindo los conocimientos necesarios durante mi permanencia y a todos los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola que con el afán de servicio y de contribuir en la superación profesional, guiaron con éxito mi formación académica.

Mis agradecimientos sinceros al Dr. Germán Belizario Quispe, director de esta tesis, que, con su comprensión, asesoría y orientación sobre todo por su amistad que me brindó, supo apoyarme de manera decisiva para culmina el presente estudio.

Agradezco a los miembros del jurado, M.Sc. Percy Arturo Ginez Choque, D.Sc. Edgar Vidal Hurtado Chavez, Dr. Jose Antonio Mamani Gomez, por sus orientaciones en el estudio de investigación, pues sin ellos no hubiera logrado los resultados obtenidos.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera me acompañaron e hicieron posible la elaboración de este estudio.



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 13**

**ABSTRACT..... 14**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 16**

1.1.1. Problema general ..... 17

1.1.2. Problemas específicos ..... 18

**1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN..... 18**

1.2.1. Hipótesis alterna ..... 18

1.2.2. Hipótesis Nula ..... 18

**1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO..... 18**

**1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN ..... 20**

1.4.1. Objetivo general ..... 20

1.4.2. Objetivos específicos..... 20

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION..... 21**

2.1.1. Internacionales..... 21



2.1.2. Nacionales .....	23
2.1.3. Regionales .....	27
<b>2.2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
2.2.1. Calidad de agua .....	30
2.2.2. Agua de uso agrícola .....	31
2.2.3. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.....	31
2.2.4. Sistema de riego .....	32
2.2.5. Sistema de riego agrícola .....	32
2.2.6. Rendimiento agrícola .....	35
2.2.7. Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS .....	35
2.2.8. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) .....	37
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....</b>	<b>39</b>
2.3.1. Agua para riego agrícola .....	39
2.3.2. Parámetros .....	39
2.3.3. pH .....	39
2.3.4. Conductividad eléctrica .....	39
2.3.5. DBO <sub>5</sub> .....	40
2.3.6. DQO .....	40
2.3.7. Oxígeno disuelto.....	40
2.3.8. Coliformes termotolerantes .....	40
2.3.9. Arsénico.....	41
2.3.10. Aluminio.....	41
2.3.11. Manganeso.....	41
2.3.12. Hierro.....	41
2.3.13. Cadmio .....	42
2.3.14. Plomo.....	42



2.3.15. Boro .....	42
2.3.16. Cobre .....	43
2.3.17. Estándares de Calidad Ambiental.....	43

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>44</b>
3.1.1. Límites.....	46
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad.....	46
<b>3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....</b>	<b>47</b>
<b>3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....</b>	<b>48</b>
3.5.1. Población .....	48
3.5.2. Muestra.....	48
<b>3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>49</b>
3.6.1. Determinación la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del sistema de riego.....	49
3.6.2. Determinar la calidad del agua de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS .....	51
3.6.3. Determinar el rendimiento agrícola en base a la calidad de los parámetros físico químicos y microbiológicos del sistema de riego mediante la metodología ICARHS .....	53

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO .....</b>	<b>54</b>
---	-----------



4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto bocatoma principal.....	54
<b>4.2. LA CALIDAD AGUA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA ICARHS .....</b>	<b>64</b>
4.2.1. Determinación del ICARHS en el punto 1 Bocatoma.....	65
4.2.2. Determinación del ICARHS en el punto 2 Canal de Conducción .....	66
4.2.3. Determinación del ICARHS en el punto 3 lateral de riego.....	66
<b>4.3. RENDIMIENTO AGRÍCOLA EN BASE A LA CALIDAD DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA ICARHS.....</b>	<b>67</b>
4.3.1. Características agronómicas del cultivo .....	68
<b>4.4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>73</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>75</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Línea:** Recursos hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 19 de mayo del 2023





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Valoración de los ICARHS.....	38
<b>Tabla 2.</b>	Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego .....	38
<b>Tabla 3.</b>	Accesibilidad al Sistema de Riego.....	47
<b>Tabla 4.</b>	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	50
<b>Tabla 5.</b>	Valoración de los ICARHS.....	53
<b>Tabla 6.</b>	Resultado de los parámetros analizados en el punto 1 Bocatoma principal	54
<b>Tabla 7.</b>	Resultado de los parámetros analizados en el punto 2 Canal de Conducción .....	58
<b>Tabla 8.</b>	Resultado de los parámetros analizados en el punto 3 Lateral del Riego....	62
<b>Tabla 9.</b>	ICARHS para el punto 1 Bocatoma.....	65
<b>Tabla 10.</b>	ICARHS para el punto 2 Canal de conducción .....	66
<b>Tabla 11.</b>	ICARHS para el punto 3 Lateral de riego.....	66
<b>Tabla 12.</b>	Características de los cultivos de cebada .....	68



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Ubicación de lugar de estudio (Sistema de Riego Yocara). .....	45
<b>Figura 2.</b>	P1 Bocatoma – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3	55
<b>Figura 3.</b>	P1 Bocatoma – Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3 .....	56
<b>Figura 4.</b>	P1 Bocatoma – Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3 .....	57
<b>Figura 5.</b>	P2 Canal de conducción – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	59
<b>Figura 6.</b>	P2 Canal de conducción – parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	60
<b>Figura 7.</b>	P2 Canal de Conducción – Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	61
<b>Figura 8.</b>	P3 Lateral de Riego – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	63
<b>Figura 9.</b>	P3 Lateral de Riego – Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	63
<b>Figura 10.</b>	P3 Lateral de Riego – Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3.....	64
<b>Figura 11.</b>	Altura aleatoria de cebada .....	69
<b>Figura 12.</b>	Rendimiento en los cultivos de cebada.....	70
<b>Figura 13.</b>	Parcelas de cebada .....	70
<b>Figura 14.</b>	Crecimiento de la cebada aplicando el Sistema de Riego Yocara .....	71
<b>Figura 15.</b>	Reconocimiento del Punto 1 en la Bocatoma Principal.....	82
<b>Figura 16.</b>	Reconocimiento del punto de muestreo P3 Lateral de Riego.....	82



<b>Figura 17.</b> Recolección de muestras en el P3 Lateral de Riego.....	83
<b>Figura 18.</b> Análisis en laboratorio de los 3 puntos de muestreo .....	83
<b>Figura 19.</b> Sistema de Riego Yocara.....	84
<b>Figura 20.</b> Crecimiento de la cebada aplicando el Sistema de Riego Yocará.....	84
<b>Figura 21.</b> Parcelas de cebada en crecimiento .....	85



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ECA</b>	: Estándares de Calidad Ambiental
<b>pH</b>	: Potencial de hidrogeno
<b>DBO<sub>5</sub></b>	: Demanda Biológica de Oxígeno
<b>DQO</b>	: Demanda Química de Oxígeno
<b>AyG</b>	: Aceites y Grasas
<b>ICARHS</b>	: Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales
<b>CF</b>	: Coliformes Fecales o Termotolerantes
<b>NMP</b>	: Numero más Probable
<b>MINAM</b>	: Ministerio del Ambiente
<b>MVCS</b>	: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento



## RESUMEN

La presente investigación se realizó a razón de que no se tiene información de la calidad del agua que distribuye el sistema de riego Yocara hacia las parcelas agrícolas, motivo por el cual se desarrolló el estudio con el objetivo de evaluar la influencia de la calidad del agua del sistema de riego Yocara en el rendimiento agrícola, la metodología empleada fue la del ICARHS; siendo el método de obtención de datos a través del muestreo en 3 puntos de agua del Sistema de Riego Yocara en el P1 Bocatoma, P2 Canal de Conducción y P3 Lateral de Riego. Para identificar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. En los resultados obtenidos nos indica que los puntos muestreados presentaron calificación en el punto 1 de 92.2 (Bueno), Punto 2 con 93.63 (Bueno) y Punto 3 con 97.34 (excelente), además se conoció la influencia agrícola en parcelas de 3.00 \* 4.00 metros; sembrando la cebada y esperando un periodo de 60 a 90 días para que se desarrolle y posterior a ello se evaluó la altura de crecimiento y peso promedio de la planta del cultivo de cebada. Se concluye que en el sistema de riego la calidad de agua en el punto 1 y punto 2, tiene elevadas concentraciones y calificación indicaría que existe algún indicio de contaminación en el sistema de riego, estando expuesto a daños o amenazas que son de poca magnitud. Además, nos indica que la calidad del sistema de riego Yocará influye en el rendimiento agrícola, ya que el p-valor es menor a 0.05. Por lo cual, posee diferencia significativa sobre la altura de la planta de cebada y el rendimiento productivo.

**Palabras clave:** Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, rendimiento agrícola, sistema de riego.



## ABSTRACT

This research was carried out because there is no information on the quality of the water distributed by the Yocara irrigation system to the agricultural plots, which is why the study was developed with the objective of evaluating the influence of the water quality of the Yocara irrigation system on agricultural yield, the methodology used was that of ICARHS; the method used to obtain data was through the sampling of 3 points in the Yocara Irrigation System at P1 Intake, P2 Conduction Channel and P3 Irrigation Lateral. In order to identify the concentration of physicochemical and microbiological parameters. The results obtained indicate that the points sampled presented a score of 92.2 (good) in point 1, 93.63 (good) in point 2 and 97.34 (excellent) in point 3. In addition, the agricultural influence was known in plots of 3.00 \* 4.00 meters, sowing the barley and waiting a period of 60 to 90 days for it to develop, after which the height of growth and average plant weight of the barley crop were evaluated. It is concluded that in the irrigation system the water quality in point 1 and point 2, by the presence of its high concentration and qualification would indicate that there is some indication of contamination in the irrigation system, being exposed to damage or threats that are of little magnitude. In addition, it indicates that the quality of the Yocara irrigation system influences the agricultural yield, since the P-value compared to the alpha value 0.05 is lower. Therefore, it has a significant difference on the height of the barley plant and the productive yield.

**Keywords:** Irrigation System, Physico-chemical and microbiological parameters, Agricultural yield.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El agua es fundamental para la producción agrícola y es necesaria para la seguridad alimentaria. El veinte por ciento de toda la superficie cultivada se destinada a la agricultura de regadío, que también genera el 40% de todos los alimentos que produce en el mundo. Tanto las plantas y los cultivos como el ganado dependen del agua limpia, los contaminantes suelen ser la causa de enfermedades fúngicas recurrentes en las plantas. La calidad de los cultivos vegetales, la producción de leche y la longevidad y salud de los rebaños de animales pueden verse afectadas negativamente por los contaminantes presentes en el agua de uso agrícola (Perez, 2021).

El estudio se realizó para conocer la calidad del agua que distribuye el sistema de riego Yocara hacia las parcelas agrícolas, su impacto hacia los cultivos agrícolas, por lo cual se ha propiciado que el estudio presente se desarrolle, ya que el sistema de riego se encuentra dentro de la cuenca Coata y este presenta altos niveles de contaminación debido al vertimiento de aguas servidas y residuos sólidos causando la muerte de especies acuáticas ENERGINAS (2021).

Es por eso que se planteó el estudio con el objetivo de evaluar la influencia de la calidad del agua en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS, del sistema de riego Yocara, siendo el método de obtención de datos a través del muestreo de agua de puntos estratégicos de los canales de riego para identificar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (DBO<sub>5</sub>, DQO, Termotolerantes y pH), y en base a ello aplicar la metodología ICARHS; para conocer su calidad; dando calificaciones entre calidad (Excelente, Bueno, Regular, Malo, Pésimo); según los



análisis realizados; y finalmente conocer la influencia de la calidad en el rendimiento agrícola en parcelas de 3.00 \* 4.00 metros respectivamente; el cultivo de cebada en un periodo de 60 a 90 días para de desarrollo y posterior a ello evaluar la altura de crecimiento y peso promedio de la planta. Esperando que los resultados sirvan para una mejor calidad del agua del sistema de riego Yocara; Así mismo esperando que sirva como referente teórico para futuros trabajos de investigación que presenten las mismas características.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el mundo en actualidad para el aprovechamiento de agua para la producción de cultivos; se ha desarrollado canales de distribución para transportar el agua hacia las áreas donde se desarrolla los cultivos (Dalmasco, 2018). Sin embargo, actualmente existe la contaminación por factores antrópicos de las fuentes naturales de agua que pueden ser un río, lago, laguna y mar, la vida acuática presente en estas fuentes se ve perjudicada por la calidad del agua de las mismas, que se amplifica si estas aguas son de baja calidad y se explotan para fines productivos como la agricultura (Tarifeño & Rondan, 2021); ahondando este hecho las infraestructuras deterioradas, la incorporación de sustancias extrañas, el uso de agua de riego para otros fines, está conllevando a que se altere la calidad (Reynaldo, 2019).

Así mismo en el Perú, construidas en su mayoría sobre sistemas creados en los siglos XIX y XX, las infraestructuras hídricas de regadío se encuentran en una encrucijada, estando envejecidas, muchas de las cuales están cerca del final de su vida de diseño (Guerrero, 2019); el manejo inadecuado de este recurso está originando problemas que afectan seriamente en la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios y a la vez implica en la calidad de vida de los habitantes (Bocanegra, 2018); dicho problema es





el resultado de la deficiente disponibilidad de infraestructuras de riego y abastecimiento del agua de manera imparcial y prolongada en los sistemas de riego, impidiendo la prestación adecuada de servicios esenciales, así como la diversificación de vocaciones agrícolas, pastorales y comerciales viables, En función de los valores de los parámetros obtenidos en el campo y de los parámetros físicos, microbiológicos y químicos que se obtienen en las pruebas de laboratorio, la calidad del agua de los sistemas de regadío debe evaluarse continuamente y ponerse en conocimiento de los agricultores (Orellana, 2020).

En la región de Puno particularmente, el recurso hídrico que se deriva por el sistema de riego Yocara hacia sus redes de distribución, no presenta muchos estudios sobre la calidad del agua que es aplicada en las parcelas agrícolas que beneficia a los agricultores de distintas comunidades como Huichay Jaran, Centro Jara, Esquin Tiarachi, Collana, Yocara, entre otros; ya que para actividades agrícolas es necesario la calidad de agua para así garantizar el rendimiento óptimo en donde no produzcan efectos que perjudican a la estructura del suelo ni del cultivo. Además, cabe resaltar que la bocatoma del sistema de riego capta las aguas directamente de la cuenca Coata, y como bien se sabe las aguas residuales y lagunas de oxidación desemboca en el río Coata, lo que es un peligro que afecta. Por ello, la creación del presente estudio se ha denominado “influencia de la calidad del agua del sistema de riego Yocara en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS”.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cómo influye la calidad del agua del sistema de riego Yocara en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS?



### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuánto es la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara?
- ¿Cuál es la calidad del agua en función de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS?
- ¿Cuánto es el rendimiento agrícola en base a la calidad de agua del sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS?

## **1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Hipótesis alterna**

La calidad del agua del sistema de riego Yocara influye en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS.

### **1.2.2. Hipótesis Nula**

La calidad del agua del sistema de riego Yocara no influye en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Últimamente se viene presentando la reducción en el rendimiento de los cultivos, por consecuencia de la contaminación y el comportamiento variable de las variables climatológicas, por ende, es necesario dar una mirada desde diferentes puntos de vista: contaminación de los recursos naturales, clima, modos de producción y el uso de los insumos en el proceso de la producción de ciertos cultivos.



El agua es un componente necesario para que prosperen las plantas y los animales, y debe tener una calidad suficiente en cuanto a sus características fisicoquímicas y biológicas. La premisa medioambiental del estudio es que los contaminantes se vierten continuamente en los sistemas de regadío como consecuencia de los fenómenos meteorológicos y la influencia humana, lo que degrada la calidad del agua y afecta a la calidad de los animales y los cultivos.

Desde una perspectiva económica, averiguar el índice de calidad del agua del sistema de riego nos ayuda a identificar las variables que necesita una vigilancia especial y los lugares donde se puede actuar para reducirlas, evitando costes innecesarios asociados a la implantación de costosas estructuras de tratamiento.

La investigación tiene una importancia social significativa, ya que los resultados precisos servirán de referencia teórica para otros estudios de características comparables. Además, será ventajoso para la población que utiliza el suministro de agua del sistema de riego como fuente de irrigación para el desarrollo de los cultivos y de agua potable para los animales.

La investigación se efectuó para determinar la concentración de cargas contaminantes en el líquido esencial (agua) pues existe una disposición continua de contaminantes hacia el sistema de riego por acciones meteorológicas y factores antropogénicos perjudicando la calidad del agua, así también perjudicando los cultivos y ganadería. Los resultados se utilizarán como herramienta técnica educativa para comprender el estado del agua en ese momento.



## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la influencia de la calidad del agua en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS del sistema de riego Yocara.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara.
- Determinar la calidad del agua en función a los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS.
- Determinar el rendimiento agrícola en base a la calidad de agua de sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACION

##### 2.1.1. Internacionales

Carbajal (2020), realizo el trabajo de invgestigacion denominado “Evaluación de calidad de agua 80 con fines agricola en los acuíferos de cuatro zonas del Cantón Milagro”; tiene como objetivo de evaluar la calidad del agua para fines agrícolas en los acuíferos de las zonas del cantón milagro, Según las normas LWILCOX y HGREEN, el agua de calidad excelente tiene valores de pH que van de moderadamente neutros a moderadamente alcalinos, es predominantemente C2S1, tiene una CE de 50 a S/cm, un catión sodio muy mínimo con un valor máximo de 104 mg/L, y es principalmente C2S1, sugieren que estos fluidos son aptos para uso agrícola y ganadero, lo que apoya la idea de que son aceptables para uso agrícola. Se aconseja realizar investigaciones continuas sobre los problemas con elementos pesados provocados por la penetración de aguas subterráneas.

Martínez-Rodríguez et al. (2017), realizaron el trabajo de investigacion denominado “Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate”; con el objetivo de conocer la influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate. Dado que el uso eficaz del agua y los nutrientes depende de las características fisicoquímicas del medio de desarrollo y de las demandas de agua de la planta, el riego es una de las consideraciones más cruciales en el cultivo en sustrato, que se ha utilizado para aumentar la productividad. El



control fue tezontle con un riego del 100% de solución nutritiva Steiner, mientras que en los tratamientos se utilizó tezontle, una combinación de tezontle y vermicompost, y un riego del 80% de solución nutritiva Steiner como sustrato. La capacidad de retención de agua (CRA) del tezontle se utilizó para determinar la cantidad y frecuencia de riego. Entre los factores examinados hubo diferencias significativas. El rendimiento alcanzó 149 t/ha, el SST varió de 4 a 5.17 °Brix, y el ácido cítrico se situó entre 0.33 y 0.535%. Se determinó que el vermicompost tuvo un efecto favorable sobre la CRA, lo que se tradujo en una mejor disponibilidad de nutrientes y agua y, en consecuencia, en un mayor rendimiento.

Dalmasco (2016), realizaron el trabajo de investigación denominado “Influencia del déficit hídrico en diferentes etapas fenológicas sobre el rendimiento y calidad del Zapallo”. Para ayudar a racionalizar el uso de los recursos hídricos, se estableció un estudio de reinversión controlada del déficit (RDC) en el tipo de calabaza Cucurbita Moschata Duch. cv. Cokena INTA. Además de los datos específicos del cultivo, se evaluaron las características de producción y calidad del producto. El estudio se efectuó en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA). Los resultados muestran que el rendimiento no se vio afectado de forma diferente por el déficit hídrico previsto para cada etapa fenológica del cultivo. En cuanto a la calidad del producto adquirido, tampoco se observó ninguna reacción estadísticamente significativa. No obstante, durante toda la temporada de floración, el método RDC sólo permitió un ahorro de agua de un 21% como máximo. La máxima eficacia en la utilidad del agua se alcanzó con el mismo T3. Debido a su simplicidad y a su potencial de conservación del agua sin afectar significativamente a los rendimientos ni a la calidad del producto,



el RDC se promovería como enfoque de gestión del riego en regiones o años con restricciones hídricas.

Méndez & Gonzáles (2010) en su investigación titulada “Evaluación de la calidad de agua de riego empleada en los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué”, posee como finalidad analizar el potencial de riesgo de reducción en la velocidad de infiltración de las aguas de riego y el riesgo de salinidad en los suelos de la zona, fueron analizados las aguas de los canales. Los parámetros que se midieron fueron C. Eléctrica y la relación de adsorción de sodio verdadera. No existe ningún grado de limitación en el uso del agua del canal de Combeima en los suelos que se riegan con ella, según las conclusiones de la RASV, y con el valor medio de conductividad y los parámetros empleados en la investigación (CE inferior a 700 S/cm). En conclusión, de los valores de los parámetros descriptivos se desprende que las aguas del canal de Ambafer contienen más sales disueltas que otras aguas debido a sus valores medios de CE más elevados.

### **2.1.2. Nacionales**

Flores y Vela (2021) la investigación denominada “Índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales (ICARHS) de la unidad hidrográfica bajo Marañón, período 2014 – 2020” cuyo objetivo fue calcular el Subíndice 1 y Subíndice 2 para determinar el Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS), su variación porcentual en la U.H. y su representación gráfica en un mapa. La metodología aplicada fue el Cálculo de los Índices de Calidad Ambiental de Recursos Hídricos 9 Superficiales aprobada mediante Resolución Jefatural N° 084-2020-ANA, a través de ello se determinó



siete (07) puntos que cumplieran las condiciones necesarias. Los resultados obtenidos del subíndice 1 para los puntos QCSpt1, QZara1 y RMara23 fueron de calidad de agua como “malo”; del RMara20, RMara22 y RMara24 fue “regular”; y de RMara21 fue “bueno”; los resultados del subíndice 2 para los puntos QCSpt1, RMara20, RMara21, RMara22, RMara23 y RMara24 fueron “bueno”; y de QZara1 fue “excelente”; por lo tanto, el ICARHS de la U.H. Bajo Marañón fueron los valores obtenidos en el Subíndice 1 al ser los datos con menor valor; donde la calificación de la calidad de agua “regular” y “bueno” tienen valores iguales de 42.86 %; y la de “bueno”, tiene un valor de 14.29%, debido a la influencia de los parámetros: Oxígeno disuelto, termotolerantes, fósforo total y sólidos suspendidos totales; que exceden el ECA Agua en los resultados del monitoreo de calidad de agua de la U.H. Bajo Marañón.

Tarifeño y Rondan (2021), realizaron el trabajo de investigación denominado “Calidad del agua captada para riego y su impacto en el cultivo de Espárrago de la cuenca baja del río Huarmey”. La investigación partió de la presunción de que el riego con agua de la cuenca del río Huarmey hace disminuir la producción de este cultivo por una hipotética contaminación de sus aguas. Para este estudio se empleó un diseño descriptivo de caja única con el enfoque observacional o no experimental. El estudio hídrico 2018 del bajo río Huarmey revela que los parámetros químicos, a excepción del manganeso, cumplen con el ECA del agua en uno de los tres lugares analizados, así como los parámetros físicos y microbiológicos. Sin embargo, las aguas de riego del río Huarmey resultaron ser muy adecuadas para esta aplicación cuando se aplicó la técnica del Índice de Calidad del Agua. Como resultado, la producción del cultivo del





espárrago no se vio afectada, y las últimas campañas agrícolas de este cultivo fueron casi constantes, con un rendimiento de 5.000 kg/ha.

Guerrero (2019), su estudio se denominó “Calidad del agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú”; con el objetivo de determinar la calidad del agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú. Entre diciembre de 2018 y mayo de 2019, contó con seis estaciones de muestreo, donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos y se calculó el índice RAS. Según lo determinado por las Normas de Calidad de Agua D.S. N°004-2017-MINAM, Categoría 3: Riego de hortalizas y bebida animal, el agua de la zona de estudio puede ser utilizada sin límites para los diversos cultivos del área de investigación. Los aportes o descargas domésticas en la cuenca media del río Jequetepeque tienen un impacto mínimo sobre la calidad bacteriana. Es significativo destacar que las concentraciones medias de coliformes termotolerantes fueron superiores a los niveles exigidos para la calidad ambiental (1000 NMP/100 ml). Se descubrieron valores del índice SAR inferiores a 3, lo que no supone una limitación para las operaciones agrícolas. Es crucial llevar a cabo evaluaciones de la calidad del agua en todas las cuencas fluviales del país, sobre todo a la hora de determinar la calidad del agua para el riego, debido a las posibles repercusiones en los ecosistemas y la salud humana.

Atoc (2018) en su investigación titulada “Evaluación de la calidad de agua de riego en cultivos de pan llevar en la cuenca baja del río moche, provincia” objetivo determinar la calidad de agua para uso agrícola en la cuenca baja del río Moche. Los valores de pH en los puntos P-1, P-2 y P-3 fueron 7.52, 8.35 y 7.75, respectivamente. Los niveles de oxígeno disuelto en estos puntos fueron de 7.58



ppm, 5.85 ppm y 6.42 ppm, respectivamente, todos ellos dentro de las normas de calidad del agua para riego, al igual que los rangos de turbidez y conductividad, sólidos totales y concentraciones de sulfato (11 ppm y 12 ppm), Cloruros entre 37 y 38 partes por millón, sin cianuro ni grasas ni aceites, DBO<sub>5</sub> entre 4.58 y 4.65 partes por millón, y sin DQO, entre 0.12 y 0.29 partes por millón de nitrato, 0.7 y 0.78 partes por millón de nitrito, casi sin carbonatos, y 137 y 167 partes por millón de bicarbonatos. Como resultado, las aguas de la cuenca baja del río Moche cumplen los requisitos de calidad del agua y son apropiadas para regar los cultivos utilizados para hacer pan.

Vargas (2021) el estudio denominado “Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad ambiental de los recursos hídricos superficiales”, debido a los múltiples usos a los que se destinan sus aguas, la cuenca del río San Gabán se encuentra entre las más significativas. El valor de conocer el estado de sus aguas; el objetivo principal es examinar la variación espaciotemporal del ICA. Utilizó el método del ANA para agrupar 14 parámetros, microbiológicos, inorgánicos y físico-químicos basados en datos del monitoreo de la calidad del agua, para determinar el índice de calidad del agua (ICARHS) durante las estaciones de inundación y estiaje. Tambopata e Inambari L. desarrollaron estos 14 parámetros físico-químicos, microbiológicos e inorgánicos. Los resultados del estudio mostraron que, a razón de la concentración de *C. termotolerantes* en el punto de desagüe, el punto RSgab1 de Macusani tiene una mejor calidad media del agua que el punto RSgab2 de Macusani; en el caso de Ollachea, el punto RSgab3 (aguas arriba del punto de desagüe), el agua tiene una calidad “excelente” en comparación con el punto RSgab2 de Macusani. En comparación con la calidad “buena” del punto RSgab4 (aguas abajo).



Pocoy (2015) el estudio titulado “Calidad del agua para riego en el centro de investigación y producción agrícola (CIPA) Cañasbamba”, el estudio fue enfocado en el desconocimiento de la calidad del agua empleada para el riego de los cultivos implantados en la zona de cultivo CIPA-Caasbamba, así como en el hecho de que no se han realizado estudios en la zona ocupada por el CIP A para demostrar la calidad del agua empleada para el riego de los cultivos. El estudio se realizó en el transcurso de la estación seca, centrándose en tres meses: mayo, junio y julio de 2015. Fueron establecidos por mes de estiaje 5 lugares de monitoreo: toma de Huanchuy, entrada del CIPA y punto de salida del CIPA " Cañasbamba". Los resultados de la hipótesis sugieren que las aguas empleadas para regar los campos del "CIPA" - UNASAM y los de la Comunidad "Ancash" tienen bajos contenidos de SRA y medianos contenidos de C.E. Por lo tanto, el agua es de clase C2S1 según la norma de Riverside en todas las estaciones de control, y las características físicas, químicas y de ciertos metales pesados del agua son inferiores al nivel máximo permitido de la ECA de categoría 3. El agua es adecuada para el riego, según la evaluación de ambas técnicas; no obstante, hay que tener en consideración la salinidad del suelo que podría estar produciendo el agua de salinidad media.

### **2.1.3. Regionales**

Cahua (2020), en su investigación titulada “Evaluación del sistema de riego por aspersión Huancasayani Ñacoreque y su relación producción agrícola en Cuyocuyo – Sandia”; con el objetivo de evaluar el sistema de riego por aspersión. En los datos de campo, se realizaron encuestas y entrevistas en 3 zonas (acoreque Chico, acoreque Grande y Huancasayani), y con los resultados se identificaron las



parcelas que se realizaron las pruebas de eficacia de riego para calcular el coeficiente de uniformidad. Como resultados, el sector Huancasayani Ccumuni posee 15% de Ha. irrigadas y 85% de Ha. irrigadas, el sector Acoreque Grande posee 15.80% de Ha. irrigadas y 84.20% de Ha. irrigadas, y el sector Acoreque Chico posee 16.80% de hectáreas irrigadas y 83.20% de hectáreas irrigadas; En una evaluación parcelaria sobre la efectividad de la aplicación de riego en cultivos de pan coger, se encontró que la eficiencia de aplicación de riego con mayor uso de agua se realizó en horas de la mañana, 77.9% de coeficiente de uniformidad y un 70.7% de eficiencia de aplicación consiguiendo incrementar el rendimiento de papa en 12.425 kg/ha e incrementar la producción agrícola en 18.84% en las regiones Huancasayani y acore.

Huayta (2019) el estudio de título “Efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cabanillas”, por el cual evaluó la afectación del vertimiento de las aguas residuales de la población de Cabanillas y Cabanilla. La investigación tuvo 12 parámetros: Alcalinidad, pH, DBO<sub>5</sub>, dureza, color y nitrato. Para los resultados de los parámetros, estas fueron analizados con la metodología ICA-PE y dio el siguiente valor para el río Cabanillas mínimo y máximo respectivo 62.67 y 67.19 indicando que estas aguas se encuentran contamina y no apto para el consumo sin previa tratamiento, para pesca y recreacional esta aguas indican que se encuentra en categoría aceptable; con respecto a las descargas y/o vertimiento por parte de la población de Cabanillas como también Cabanilla, muestran como resultado lo siguiente: DQO (210, 211 mg/L) DBO<sub>5</sub> (118, 179 mg/L), y CF (1.90E+04, 1.93E+04 NMP/100 ml). Estos datos superan los valores del LMP, esto debido a evidentes descargas de aguas residuales que no son previamente tratadas 16 de forma adecuada. La conclusión



para la investigación, “el río Cabanillas muestra una calidad de agua contaminada”.

Lopez (2019) en su investigación titulada “Evaluación de la calidad del agua para uso agrícola del río Challamayo, Tiquillaca-Puno” cuyo objetivo principal fue evaluar la calidad del agua y comparar con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 3, para mostrar si es adecuado para fines agrícolas, en la subcuenca del río Challamayo. Con un 70.7% de eficiencia de aplicación y 77.9% de coeficiente de uniformidad, la eficiencia de aplicación de riego que más agua utilizó fue en las primeras horas de la mañana. Esto permitió incrementar el rendimiento de papa en 12.425 kg/ha y la productividad agrícola en 18.84% en las regiones de Huancasayani y Huancasayani. Los datos se procesaron y los resultados se evaluaron conforme a las normas de calidad ambiental del agua y los indicadores de salinidad y sodicidad del agua de riego definidos por la FAO. Mostraron en los resultados que el agua es alcalina en enero, febrero y marzo. La CE es elevada para el primer monitoreo solo en tres puntos de muestreo; así también, los cationes  $K^+$ ,  $Na^+$  así como los aniones  $CO_3 =$  y  $Cl^-$  sobrepasan el rango establecido por la FAO de forma principal en el afluente Coltamayo.

Gutierrez (2018) realizó el estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el índice de calidad de agua del consejo canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018”, para desarrollar el estudio se empleó el protocolo Nacional 15 para realizar los monitoreos a los recursos hídricos superficiales, para la ubicación de los 2 puntos de muestreo. Se monitoreo pH, DBO, conductividad, oxígeno disuelto, arsénico, cadmio, cobre, boro, manganeso, zinc, plomo y coliformes termotolerantes. El



monitoreo se desarrolló los meses de setiembre, octubre, noviembre. Como resultado obtenido en el P1 muestra 80, en el punto P2 57, analizando estos valores en relación al ICA-PE se encuentran dentro de la categoría “Excelente” para M1 y M2 con valores respectivos 99 y 90. La conclusión de la investigación es “el río Torococha afecta negativamente al río Coata alterando su ICA para agua”

Chirinos (2018), en su investigación titulada “Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia de uso del agua de un ecotipo local de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en Ccaje”; donde determinó el efecto de la dosis de riego en el consumo y en la eficacia de uso del agua de un ecotipo local de quinua en lisímetros de drenaje. Por lo cual, se estableció una parcela experimental de 16 lisímetros, y el 22 y sembró en ella un ecotipo local de quinua bajo 3 tratamientos de riego. El uso total de agua para estas dosis de riego fue de 446, 290 y 166 mm, respectivamente, con rendimientos de 5.47, 2.90 y 1.51 ton/ha, mientras que la eficiencia en el uso del agua fue de 1.23, 1.00 y 1.20 ton/m<sup>3</sup>, respectivamente. Se constata que la dosis de riego tiene un impacto directo en el uso del agua y en la producción de los cultivos, y que las dosis de riego cercanas al 50% de la ETc son menos significativas en términos de eficiencia en el uso del agua que las cercanas al 25% y al 100% de la ETc, respectivamente.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Calidad de agua**

Debido a sus elevadas concentraciones minerales y a su potencial para afectar a las plantas de forma similar al suelo, es impredecible pero esencial para el riego; por ello, es forzoso efectuar un análisis del agua para determinar si es



apta para el riego. Además, hace referencia a la idoneidad o no de una determinada masa de agua con fines agrícolas en función de elementos como resistencia de los cultivos a las sales, las cualidades del suelo, los métodos de gestión de agua y suelo. Se refiere a la noción de que el tipo y la cuantía de materiales disueltos en el agua con fines de riego determinan la composición y la calidad de dichos materiales (Carvajal, 2020).

### **2.2.2. Agua de uso agrícola**

La agricultura se refiere a la utilización de agua dulce tanto para el cuidado de los animales como para la producción de alimentos. Podemos criar frutas, verduras y ganado gracias al uso del agua en la agricultura, que es un componente crucial de nuestra dieta. Utilizados en el riego, aplicación de herbicidas y la refrigeración de los cultivos, así como para el control de las heladas.

### **2.2.3. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego**

Es crucial identificar la calidad para que no exista dificultades con los cultivos, pues el agua de riego utilizada para la agricultura suele incluir contaminantes químicos. En ellos se pueden encontrar niveles normales de toxicidad, acidez (porcentaje de sodio intercambiable) y elementos pesados como cobre y mercurio. Así pues, la calidad óptima del agua para el riego procede de embalses aireados (Carvajal, 2020).

Además, los niveles de pH, magnesio y nitrógeno en los suelos creados para la agricultura pueden ser demasiado altos: magnesio, nitrógeno y pH. La infiltración de agua que contiene fertilizantes y pesticidas, se adhiere al suelo y luego fluye cuando la humedad del suelo disminuye las sales agrava la situación.



fluye cuando la humedad del suelo disminuye las sales; sin embargo, como el recurso suelo está más salinizado debido a la forma en que se evapora, las sales no se conservan. Este problema en los cultivos se observa en una reducción de la productividad y un escaso crecimiento vegetativo (Carvajal, 2020).

#### **2.2.4. Sistema de riego**

Se pueden mantener las condiciones del suelo del cultivo, ya que distribuye rápidamente la cantidad correcta de agua. Aunque la no germinación y la falta de crecimiento debidas a la sequedad son indicios de que el problema puede agravarse si no se satisfacen lo que es necesario en el agua de fines agrícolas. Debido a la posición prominente del riego en el proceso de producción, es crucial contextualizar los diversos sistemas de riego agrícola (Salinas, 2018).

#### **2.2.5. Sistema de riego agrícola**

A razón del papel clave que se desenvuelve el riego en el procedimiento de producción, es crucial contextualizar los diversos sistemas de riego agrícola. El suelo debe perforarse a la profundidad necesaria para el tipo de cultivo, pero en ocasiones, si no se satisfacen las necesidades de agua, la situación puede llegar a ser desastrosa. La falta de agua, demostrada por la falta de germinación y crecimiento del sicomoro, es un problema. Dado que el riego es tan crucial para el proceso de producción, es esencial contextualizar las diversas técnicas de riego. Es crucial situar los diversos sistemas de riego agrícola en su perspectiva adecuada (Cortes & Vargas, 2020).





a) Riego por goteo

También denominada riego localizado, esta práctica consiste en suministrar agua a los cultivos de forma continua, uniforme y lenta para evitar el encharcamiento del suelo y mantener el nivel necesario de humedad del suelo. Tras preparar los bancales o el campo para el cultivo, se instala el riego por goteo y, a continuación, se siembran o trasplantan las plantas. Las mangueras deben enterrarse parcialmente o cubrirse con mantillo para impedir la pérdida de agua por el viento y el calor (Cortes & Vargas, 2020).

b) Riego por aspersión

El riego por aspersión, en general, se refiere a la aplicación de lluvia o nieve a los cultivos. Esta técnica, la más utilizada en la actualidad, tenía altas densidades y era capaz de cubrir una gran superficie. Esta tecnología favorece el riego de los cultivos porque imita la lluvia, lo que beneficia a la humedad ambiental del entorno y fomenta una atmósfera confortable para el crecimiento de las plantas. La técnica elimina cualquier resto o polvo de las hojas imaginando que la lluvia cae directamente sobre las plantas. En comparación con el riego dirigido, el riego de regiones irregulares se realiza fácilmente, lo que ahorra trabajo y gasto de recursos (Cortes & Vargas, 2020).

c) Riego hidropónico

Se denomina "agricultura sin suelo" porque las plantas crecen en un sustrato orgánico o fluido rico en nutrientes distinto del suelo. Con este tipo de sistema, puede evitarse la contaminación del suelo, ya que el drenaje puede utilizarse para el riego gracias al diseño cerrado. Las cantidades de nutrientes para



los cultivos se examinan directamente a la causa de la falta de interacción del suelo, aprovechando de nuevo los nutrientes presentes. Como el suelo no interactúa, inspecciona directamente las cantidades de nutrientes para los cultivos. Además, como no hay posibilidad de contraer enfermedades originadas en el suelo, no es necesario utilizar desinfectantes (Cortes & Vargas, 2020).

#### d) Riego por microaspersión

Este método, que se caracteriza por ser una variación del riego por aspersión, utiliza cortinas de caída de agua a presión para regar los cultivos. Como estas cortinas tienen un alcance limitado, suelen utilizarse para regar plantas pequeñas, pequeños invernaderos y jardines. Además de ser ideal para las plantas de huerto, es un sistema muy cambiante que puede adaptarse a los frutales en todas las fases de desarrollo. Si se compara con los métodos convencionales de riego con agua superficial, como el riego a manta o por surcos, o el riego por aspersión. En comparación con el goteo, es más constante y menos propenso a obstruir los emisores debido a las conductividades más altas y a la velocidad del agua. Es muy probable que se necesite menos fertilizante si se emplea este enfoque (ya que los fertilizantes líquidos podrían utilizarse con el agua de riego, pues su aplicación es más eficaz).

#### e) Riego automático

Cuesta más adquirir el sistema aconsejado para el riego de cultivos que las técnicas de accionamiento manual, pero merece la pena el esfuerzo por la facilidad que sin duda se consigue con una instalación tan especializada. Como la operación



será proyectada, la apertura y cierre con llave humana no es necesaria, tiene las ventajas de ahorrar tiempo y mano de obra (Cortes & Vargas, 2020).

### **2.2.6. Rendimiento agrícola**

La agricultura como conjunto de conocimientos y técnicas para cultivar la tierra se define por la relación entre el producto y el resultado, así como por los métodos empleados. La cuantía de producto que un cultivador cosecha por unidad de tierra se denomina rendimiento, y en las naciones que utilizan el sistema métrico decimal, esta cantidad se expresa en kilogramos por hectárea. El rendimiento de un cultivo es una medida directa de los frutos que produce como resultado de la conjunción de diversos factores naturales y humanos. Una dimensión del rendimiento que enuncia el grado de eficacia de un conjunto comparable de elementos que influyen en el rendimiento. También puede significar un aumento del valor de un bien provocado por un proceso de producción o distribución (Torres & Ruiz, 2020).

### **2.2.7. Parámetros de calidad de agua para riego mediante ICARHS**

- a) **Temperatura:** Uno de los aspectos más importantes de la composición física del agua es su capacidad para regular la formación de depósitos, la entrada de oxígeno, actividad biológica, la precipitación de compuestos, la desinfección, la mezcla, la floculación, los procesos de filtración y sedimentación (Ramos & Priscilla, 2015).
- b) **DBO<sub>5</sub>:** Normalmente, la materia orgánica se conforma alrededor del 75% de las partículas en suspensión de las aguas residuales y el 40% de los sólidos disueltos. Con (40-60%) proteínas, con (25-50%) los hidratos de carbono y (10%) las grasas y aceites, constituyen la mayor parte de la MO



de las aguas residuales, que se compone principalmente de C, H, O y N. Las pruebas de DBO<sub>5</sub>, DQO y COT detectan niveles elevados de materia orgánica en las aguas residuales (Guamán & Molina, 2015).

- c) DQO: Mide la materia orgánica que puede sufrir una oxidación química. Este enfoque se aplica cuando la materia orgánica no puede descomponerse fácilmente o cuando las aguas residuales contienen sustancias que podrían ser peligrosas para los microorganismos utilizados en la DBO<sub>5</sub>. La prueba de la DQO tiene la ventaja de ser más eficaz, ya que se tarda menos en completarla -sólo 2.5 horas- que la muestra de aguas residuales, que tarda cinco días.
- d) pH: Se emplea para enunciar la concentración de iones hidrógeno en el agua. Los niveles muy altos de iones de hidrógeno en las aguas residuales dificultan su tratamiento biológico, afectan a la biota de las fuentes receptoras y, por último, matan a los microorganismos. Entre 6.5 y 8.5 se sitúa el intervalo de pH en el que pueden tener lugar procedimientos terapéuticos y puede existir vida biológica (Guamán & Molina, 2015).
- e) Cloruros: Dado que puede afectar a la eventual aplicación de reutilizar las aguas residuales con tratamiento, es un componente de interés en las aguas residuales. Los cloruros están en las heces humanas (6 g por persona y día), por lo que su presencia en las aguas residuales es un problema grave.
- f) Nitrógeno y fosforo: Se conocen como nutrientes y bioestimuladores porque son necesarios tanto para el desarrollo de los protistas como de las plantas. Para tratar las aguas residuales y evitar el desarrollo de algas cuando la concentración de nitrógeno es insuficiente, es necesario aportar nitrógeno.



En términos de nitrógeno y fósforo, el cantón de Cuenca presenta niveles medios de 1.25 mg/L y 4.5 mg/L (Guamán & Molina, 2015).

### **2.2.8. Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS)**

El ICARHS, es una técnica matemática que integra datos de numerosas fuentes y transforma enormes cuantías de datos en una escala de control de la calidad. La calidad del agua de una estación de control, un curso de agua, un río, se determina aplicando una fórmula que incorpora tres parámetros proporcionados por el alcance, la frecuencia y la amplitud para obtener su valor numérico diferenciado de 0 a 100.

- F1 Alcance: Parámetros de calidad que no estén al cumplimiento de los niveles actuales del ECA relacionado al número total de parámetros que se tienen que examinar.
- F2 Frecuencia: Así lo indican los datos que no cumplen las normas medioambientales (ECA-Agua) en comparación con la totalidad de los datos de los parámetros examinados.
- F3 Amplitud: Las medidas de la desviación de los datos incluyen la suma normalizada de excedentes, o los excedentes los datos por encima de la cantidad total de datos.
- Excedente: Muestra la distancia entre el valor ECA de cada parámetro y su valor de datos correspondiente en relación con el valor ECA del agua.

Caso 1. Si el valor del parámetro es mayor que el valor fijado por el ECA.

Caso 2. Se produce cuando tiene una concentración inferior al valor establecido en el ECA y no cumple los requisitos.

A continuación, se muestra en la siguiente tabla la clasificación ICARHS

**Tabla 1**

*Valoración de los ICARHS*

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 – 100	Excelente	0 112 255	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	0 197 255	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	85 255 0	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	255 170 0	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	255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada o dañada. Todos los usos necesitan tratamiento

**Fuente:** ANA (2020).

**Tabla 2**

*Parámetros para evaluar la calidad de agua para riego*

		Categoría 1 Subcategoría A2 1/	Categoría 3 2/	Categoría 4 Subcategoría E2 3/
<b>Materia orgánica</b>	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	X	X	X
	Demanda química de oxígeno (DQO)	X	X	
	Oxígeno disuelto (valor mínimo)	X	X	X
	Coliformes termotolerantes	X	X	X
	Fósforo total	X		X
	Amoniaco - N	X		
	Nitratos (NO <sup>3-</sup> )			X
	Hidrocarburos totales de petróleo 4/			X
<b>Físico-químico Metal</b>	Potencial de hidrógeno (pH)	X	X	X
	Arsénico	X	X	X
	Aluminio	X	X	
	Manganeso	X	X	
	Hierro	X	X	
	Cadmio	X	X	
	Plomo	X	X	X
	Boro 5/	X	X	
	Cobre		X	X
	Mercurio			X
	Zinc			X
	Sólidos suspendidos totales			X

**Fuente:** ANA (2020).



## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1. Agua para riego agrícola**

Se explica como el agua utilizada en una variedad de métodos de riego para originar el crecimiento saludable de los cultivos. Como también provenir de pozos, ríos, lagos o corrientes de agua naturales, su origen puede ser muy diverso (Álvaro, 2019).

### **2.3.2. Parámetros**

Factores o datos que se consideran importantes para examinar o evaluar una situación. Utilizando el marco convencional, resulta difícil comprender esta circunstancia (Sánchez, 2019).

### **2.3.3. pH**

En contraste con la acidez o alcalinidad real, la palabra "acidez" o "alcalinidad" en el agua se refiere a la inclinación hacia la acidez o alcalinidad. La alcalinidad o la basicidad (por encima de 8.5) definidos como dos indicadores que pueden ayudar a establecer si el agua es ácida o no (por debajo de 6.5). (Quispe, 2013).

### **2.3.4. Conductividad eléctrica**

Microsiems por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) es una unidad de la capacidad de transmisión de corriente eléctrica de una solución. La cantidad, movilidad, fuerza, concentración y presencia de iones, como también la temperatura del agua, incide en su capacidad (Huahuasoncco, 2018).



### **2.3.5. DBO<sub>5</sub>**

La DBO<sub>5</sub>, que se utiliza exclusivamente para cuantificar la materia orgánica biodegradable, es el volumen de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar aeróbicamente la materia orgánica presente en el agua. La cinética de primer orden rige la descomposición de la materia orgánica por los microbios, y es esta cinética de primer orden la que se refleja en la DBO<sub>5</sub> medida a lo largo del tiempo (Janampa & Quiroz, 2021).

### **2.3.6. DQO**

Medición de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química de materiales orgánicos en aguas residuales empleando sales de dicromato potásico o permanganato inorgánico como oxidantes. La proporción de materia orgánica en una muestra líquida tras la oxidación química se determina mediante la medida analítica de contaminantes conocida como demanda química de oxígeno (Janampa & Quiroz, 2021).

### **2.3.7. Oxígeno disuelto**

La DBO<sub>5</sub>, la aerobicidad de las instalaciones de tratamiento, las tasas de aireación empleadas en los procedimientos de tratamiento aeróbico y el grado de contaminación de los ríos se calculan utilizando la D.O. (Sosa & Hoyos, 2016).

### **2.3.8. Coliformes termotolerantes**

Algunos investigadores propusieron utilizar *Escherichia coli* como único indicador de contaminación fecal porque así se distingue de manera fácil otros miembros del grupo de los coliformes fecales por indicadores enzimáticos sin la





presencia de ureasa o estando presente – glucuronidasa. Son microorganismos que tienen una estructura similar a la de una bacteria común, como la *Escherichia coli*, y se divulgan a través de los excrementos (Costa, 2021).

### **2.3.9. Arsénico**

Arsina, elemental o metaloide, arsenito y arseniato son los cuatro estados de oxidación del arsénico, que se clasifica como metaloide ya que contiene características tanto de los metales como de los elementos no metálicos (Fano, 2021).

### **2.3.10. Aluminio**

Se trata de un metal muy disperso que está sobre todo en la corteza terrestre. Es un elemento reactivo que nunca está en la naturaleza como metal libre, sino acoplado a otros elementos, con mayor frecuencia oxígeno, sílice y flúor (ATSDR, 2010).

### **2.3.11. Manganeso**

Mientras que el manganeso reacciona lentamente cuando está sólido, lo hace rápidamente y, en ocasiones, de forma extremadamente furiosa cuando está pulverizado. El polvo de manganeso crea un óxido rojo,  $Mn_3O_4$ , cuando se sube su temperatura cuando está presente el oxígeno o aire (LENNTECH, 2022).

### **2.3.12. Hierro**

El hierro puede eliminarse del agua mediante varios procedimientos, ya que su presencia en el agua provoca precipitaciones y coloraciones indeseables. La producción de aceros estructurales es el uso más extendido del hierro, aunque



además se originan cantidades sustanciales de hierro fundido y hierro forjado (LENNTECH, 2022).

### **2.3.13. Cadmio**

Metal pesado que se localiza en la corteza terrestre y, con frecuencia, como minerales combinados con otros elementos como es el caso del oxígeno (óxido). La forma más común en que se encuentra el cadmio en la naturaleza es como mineral compuesto con distintos elementos como el oxígeno el cloro o minerales que forman azufre como la greenockita o la blenda de cadmio. Los minerales monteponita, otavita ( $CdCO$ ) y greenockita, a veces conocidos como blenda de cadmio ( $CdS$ ), también son portadores de cadmio ( $CdO$ ) (Tello, 2015).

### **2.3.14. Plomo**

El medio ambiente contiene plomo y sus compuestos en todas partes, incluso en el aire, las plantas y los animales, como en el aire; en los alimentos, plantas y animales, en el agua potable, en los ríos, mares y lagos, así como en el polvo, la suciedad tierra, polvo, etc. Niveles de plomo en plantas y animales. Debido a la capacidad del plomo para bioacumularse, la cantidad de plomo en plantas y animales aumenta a medida que asciende por la cadena alimentaria (Olaya & Vargas, 2018).

### **2.3.15. Boro**

En gran abundancia, es un elemento metaloide trivalente y semiconductor que se encuentra en el mineral bórax. es rico en el mineral bórax. Es un componente necesario de numerosos silicatos y se encuentra en la mayor parte de los suelos, aunque en proporciones ínfimas. Es un ingrediente clave de numerosos



silicatos. Aunque el boro es peligroso para la vegetación cuando está presente en grandes concentraciones, parece ser esencial para casi todas las plantas en niveles muy diminutos. para la vida vegetal. Hay muy pocos lugares en la naturaleza donde la concentración de boro sea elevada. concentraciones elevadas de boro (Portocarrero, 2018).

### **2.3.16. Cobre**

Las menas oxidadas, como cuprita, tenorita, malaquita, azurita y crisocola, así como los minerales oxidados brochantita, crisocola, azurita, malaquita, tenorita y cuprita, así como los sulfuros calcosina, covelina, calcopirita, bornita y enargita. Con el agotamiento del mineral, la ley del mineral utilizado en la producción de cobre ha ido reduciendo progresivamente. ha ido disminuyendo continuamente mientras se agotaban los minerales más ricos y aumentaba la demanda de cobre (Almiron, 2016).

### **2.3.17. Estándares de Calidad Ambiental**

Medida que evalúa la concentración de sustancias en el agua que no ponen en peligro de forma significativa el medio ambiente o la salud humana. Puede incluir elementos, compuestos o cualidades biológicas, físicas o químicas (MINAM, 2008)



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

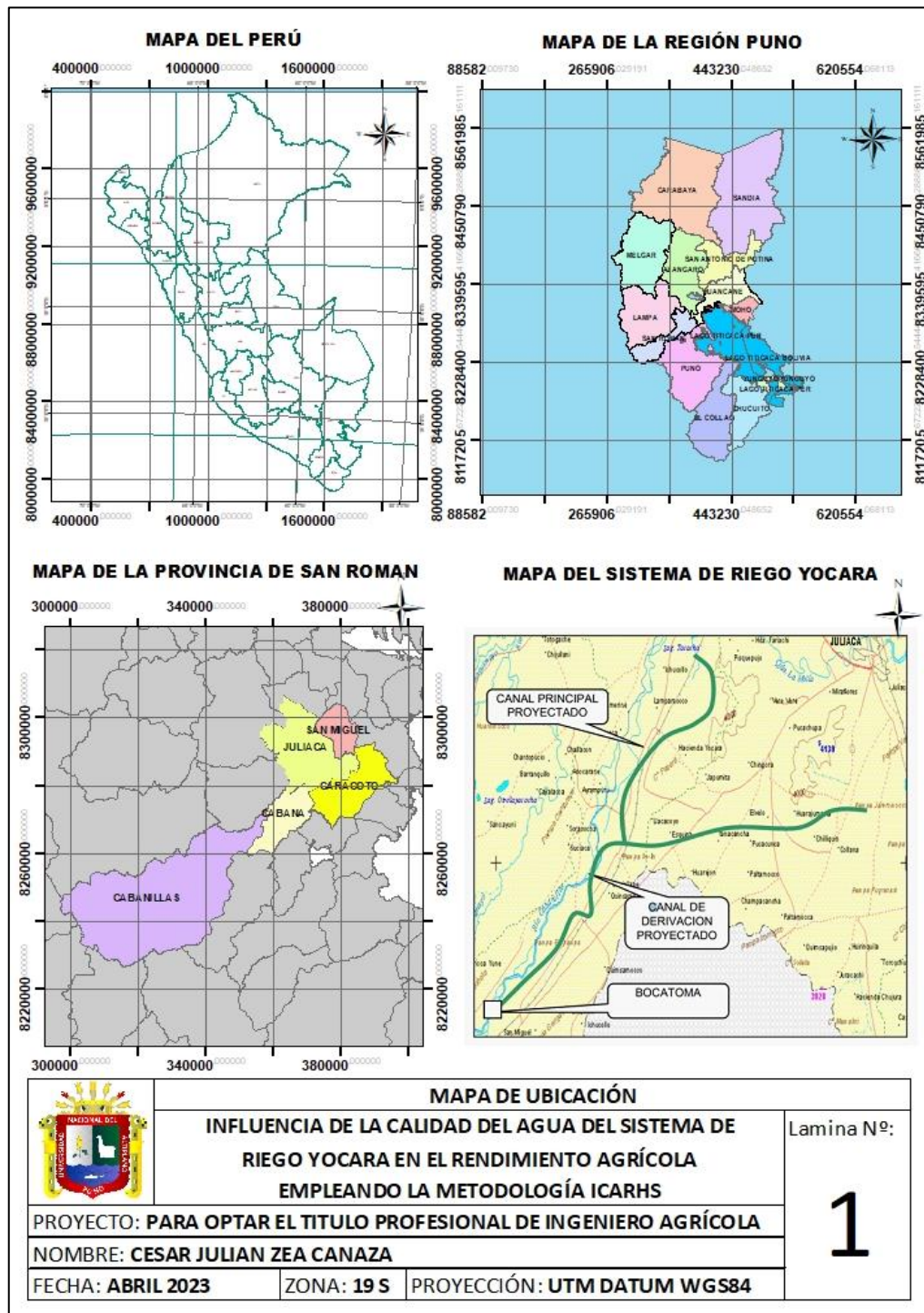
#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se efectuó en el distrito de Juliaca y Caracoto, capital de la provincia de San Román de la región Puno, con coordenadas de 369,000 Este y 8`282,000 Norte, y con altitud de 3,830 msnm. al sur del Perú, en la región de Puno.

Geográficamente, se encuentra dentro de la cuenca de Coata, Sistema Integral Hídrico Lagunillas, por el este entre 377,000 a 359,000 UTM y norte entre 8`289,000 a 8`275,000 UTM y entre las altitudes 3,830 a 3,855 m.s.n.m.

**Figura 1.**

*Ubicación de lugar de estudio (Sistema de Riego Yocara).*





### 3.1.1. Límites

Sección Ayabaca, que se desarrolla en la cuenca del río Cabanillas, entre los cerros Ayrapuni, Tanan y otros al este, y el río Cabanillas que atraviesa la subcuenca del río Cabanillas de sur a norte. Se encuentra en la cuenca del Coata, la subcuenca del río Cabanillas y una porción de la meseta del Altiplano. Por la zona de Llocillo también pasa de este a oeste la carretera asfaltada de Juliaca a Arequipa, La segunda es la capital del distrito de Caracoto, está a la derecha de Juliaca en las latitudes de  $15^{\circ}33'59''$  sur y  $70^{\circ}06'12''$  oeste a una altura de 3825 msnm.

Sus límites son el distrito de Juliaca por el Este, la Irrigación de Yanarico (distrito de Cabana) por el Oeste, el río Cabanillas (Irrigación de Cantera) por el Norte y la Irrigación de Yanarico por el Sur (distrito de Cabana).

### 3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

El acceso al sistema de riego se realiza por carretera asfaltada desde la capital de la región de Puno, pasando por los pueblos de Paucarcolla, Caracoto y Juliaca. En la tabla siguiente se indica los accesos a la zona.

**Tabla 3.**

*Accesibilidad al sistema de riego*

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Vía principal</b>
Puno – Juliaca	45	45	Asfaltada	Puno – Juliaca
Puno – Caracoto	38	40	Asfaltada	Puno – Juliaca
<b>Distancia a comunidades campesinas</b>				
Juliaca – Yocara (Telato, Ilo Ilo, Cambraca)	12.5	20	Asfaltada y trocha carrozable	Juliaca - Arequipa
Juliaca – Huichay Jaran – Centro Jaran	6.5	10	Trocha carrozable	
Juliaca – Esquin Tiarachi	4.0	12	Trocha carrozable	
Juliaca-Collana- Anexo Caracoto	8.5	15	Trocha carrozable	

### 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se empleó la investigación descriptiva, pues se especifica propiedades, características de conceptos, fenómenos, Cualquier factor o información de una situación concreta, así como cualquier otro fenómeno que se esté estudiando, se analizan utilizando el orden numérico (Baena, 2017).

### 3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

De diseño no experimental, pues en el estudio se basa totalmente en la observación de fenómenos, donde realizó en la recolección de datos para la determinación del peligro y vulnerabilidad (Hernández & Mendoza, 2018).

### 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

a) Técnicas



Según Hernández y Mendoza (2018) indica que la recolección de datos brinda información, donde son analizadas, los procesos, eficacia, etc. Se empleó las técnicas: observacional y revisión bibliográfica.

#### b) Instrumentos

Córdova (2018) indica que los instrumentos “son las herramientas físicas o virtuales que utiliza el investigador para adquirir información que conduzcan a la medición de una o varias variables”. Consecutivamente, los instrumentos que fueron empleados en la recopilación de datos: Laboratorio (acreditado), ECA D.S. 004-2017-MINAM.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1. Población**

Definido como el grupo de cosas, como objetos o personas, que están conectadas de diversas maneras (Hernández & Fernández, 2014). Así pues, en el análisis, la población de estudio está constituida por la calidad del agua de los canales de distribución del sistema de riego de Yocara y los cultivos que se instalan en sistema de riego.

#### **3.5.2. Muestra**

Según Gotuzzo (2018) menciona que la muestra se define como, “subconjunto de una población que se considera representativo de la misma”. En tal sentido, la muestra del presente estudio está dada por un criterio no probabilístico por conveniencia (intencional) del investigador; siendo conformada por 3 puntos del canal de distribución de agua del sistema de riego Yocara, donde se tomó muestras de agua y el cultivo de cebada.





### **3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

La metodología sigue los pasos necesarios para alcanzar los objetivos específicos esbozados en este estudio: se recopilieron todos los datos necesarios de diversas fuentes, como trabajos de investigación, libros, artículos académicos y sitios web. Del mismo modo, recopilación de datos sobre la concentración de características físico-químicas, microbiológicas, etc. del sistema de riego de Yocara.

#### **3.6.1. Determinación la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del sistema de riego**

##### **a) Reconocimiento y ubicación de los puntos de muestreo**

Inicialmente se hizo la exploración a los canales de distribución de agua del sistema de riego Yocara; estableciendo 3 puntos donde se obtuvieron las muestras de agua, distribuidas cada uno en puntos estratégicos para que abarque todo el sistema de canales de distribución de agua hacia las parcelas agrícolas.

##### **b) Toma de muestras, preservación y transporte a laboratorio**

- Toma de muestras: Se realizó el tipo de muestreo simple y por conveniencia, la cual consistió en una muestra tomada en un instante, según los protocolos de muestreo establecidas por el Estado peruano.
- Transporte y conservación: Se transportó las muestras con cuidado en coolers, prestando atención para que no se caigan o derramen. Manteniendo la oscuridad y a una temperatura entre 1 – 5 °C según la cadena de custodia.

##### **c) Parámetros a evaluar en laboratorio**

Los parámetros que se evaluaron en laboratorio se especificaron según los requerimientos en la investigación, las cuales se encuentran en el decreto supremo 004-2017-MINAM (2017) que hace mención a los ECA para agua,



específicamente de la sub categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

estos parámetros son:

**Tabla 4.**

*Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>
pH	Unidad
C.E:	μS/cm
Oxígeno Disuelto	mg/L
Temperatura	(°C)
Dureza total	mg/L
Alcalinidad	mg/L
Cloruros	mg/L
Sulfatos	mg/L
Calcio	mg/L
Arsénico	mg/L
Aluminio	mg/L
Manganeso	mg/L
Hierro	mg/L
Cadmio	mg/L
Plomo	mg/L
Boro	mg/L
Cobre	mg/L
DQO	mg/L
DBO <sub>5</sub>	mg/L
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml

**d) Trabajo de gabinete**

Se tuvieron en cuenta los procesos explicados en la metodología estándar para el examen del agua y las aguas residuales (AWWA, 2012).

### 3.6.2. Determinar la calidad del agua de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de riego Yocara mediante la metodología ICARHS

Seguidamente luego de tener los resultados de la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se determinaron la calidad del agua de los 3 puntos establecidos mediante la metodología ICARHS; aplicando las ecuaciones establecidas por el ANA (2020), enunciando de la siguiente manera:

$$F1 = \frac{\text{Numeros de parámetros que no cumplen los ECA agua}}{\text{Numero total de parametros a evaluar}}$$

$$F2 = \frac{\text{Numeros de parámetros que no cumplen los ECA agua de los datos evaluados}}{\text{Numero total de datos evaluados}}$$

$$F3 = \frac{\text{Suma normalizada de excedentes}}{\text{Suma normalizada de excedentes} + 1} * 100$$

En donde, la Suma Normalizada de Excedentes (nse):

$$nse = \text{Suma Normalizada de Excedente} = \frac{\sum_i^n = Excede}{\text{Total de datos}}$$

Excedente. – Realizado por parámetro, la cantidad que refleja la disparidad entre el valor ECA y el valor de los datos en relación con el valor ECA-Agua. Estos son dos ejemplos de casos:

Caso 1. Si el valor del elemento examinado supera el valor ECA-agua especificado, el valor excedente se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Caso 2. Se produce en situaciones en las que no se cumple el criterio, como cuando el valor estudiado es superior al valor ECA-agua especificado en circunstancias en las que el pH de los 384 elementos es superior a 6.5 o la concentración de oxígeno disuelto es superior a 4, etc. Posterior a ello se realiza la ecuación siguiente:






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

Posterior al cálculo de los datos de los factores como son F1, F2 y F3. Se calculó la calificación con el ICARSH, evaluando la calidad del agua teniendo como denominación excelente, bueno, regular, malo y pésimo. A continuación, se presenta la ecuación:

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

Posterior a la evaluación del ICARHS, el cual es un dato adimensional que comprende en una categoría de 0 – 100. Dicho valor permite indicar el índice de calidad del agua que se establece en una escala cromática que constituye 5 rangos.

**Tabla 5.***Valoración de los ICARHS*

Valor ICARHS	Calificación ICARHS	Color (RGB)	Interpretación
95 - 100		0 112 255	La calidad del agua está protegida, ausencia de amenaza o daño, su condición está muy cercana a los niveles naturales o deseables.
80 - 94		0 197 255	La calidad del agua se aleja un poco de la calidad natural del agua. Sin embargo, las condiciones deseables pueden estar con algunas amenazas o daños de poca magnitud.
65 - 79		85 255 0	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		255 170 0	La calidad de agua no cumple con los objetivos de calidad, frecuentemente las condiciones deseables son amenazadas o dañadas. Muchos de los usos necesitan tratamiento.
0 - 44		255 0 0	La calidad del agua no cumple con los objetivos de calidad, casi siempre está amenazada. Todos los usos necesitan tratamiento.

**Fuente:** ANA (2020).

### 3.6.3. Determinar el rendimiento agrícola en base a la calidad de los parámetros físico químicos y microbiológicos del sistema de riego mediante la metodología ICARHS

Finalmente, para ver la influencia de la calidad del agua del sistema de riego Yocara establecido mediante la metodología ICARHS, se conoció el rendimiento agrícola de los 3 puntos que se establecieron en los canales de distribución; para ello se realizó cultivos de cebada, en parcelas de 3.00 \* 4.00 metros respectivamente; tomó un máximo de 2 a 3 meses para su crecimiento; posterior a ello se evaluó la altura de crecimiento y peso promedio de la planta; y con ello se conoció si la calidad del agua influye en el rendimiento agrícola.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO

Posterior a la recolección de muestras y su respectivo análisis, siendo P1, P2 y P3 que se conformó por 3 puntos estratégicos correspondiente al Sistema de Riego Yocará, el P1 corresponde a la Bocatoma Principal, P2 identificado como el canal principal “A” y el canal principal, P3 identificado en la carretera Juliaca, canal principal “B”.

##### 4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el primero punto bocatoma principal

a) Análisis en el P1 bocatoma

**Tabla 6.**

*Resultado de los parámetros analizados en el punto 1 bocatoma principal*

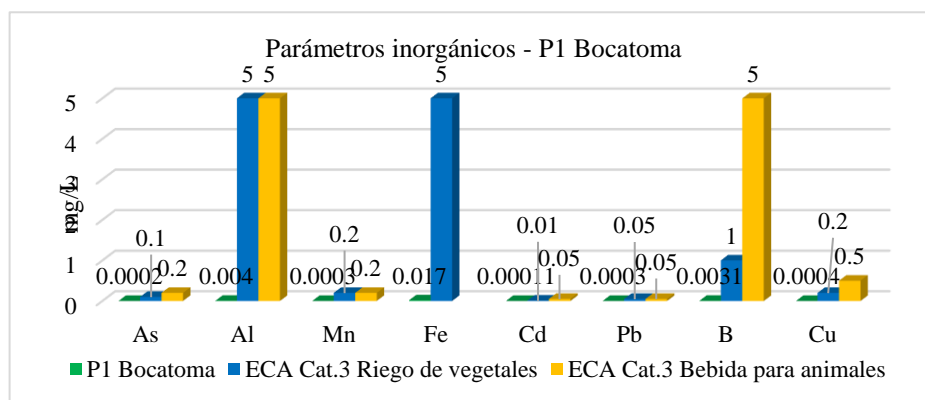
Punto 1	ESTE		356734.897	
	NORTE		8271648.65	
Parámetros fisicoquímicos	UND	ECA de agua Cat. 3: Riego de vegetales	ECA de agua Cat. 3: Bebida de animales	
pH	6.94	Und	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
DBO <sub>5</sub>	19.75	mg/L	15	15
DQO	46.17	mg/L	40	40
O.D.	9.60	mg/L	4	5
Parámetros microbiológicos				
C.Termotolerantes	3	NMP/100 ml	1000	1000
Parámetros inorgánicos				

Arsénico	0.0002	mg/L	0.1	0.2
Aluminio	0.004	mg/L	5.0	5.0
Manganeso	0.0003	mg/L	0.2	0.2
Hierro	0.017	mg/L	5.0	*
Cadmio	0.00011	mg/L	0.01	0.05
Plomo	0.0003	mg/L	0.05	0.05
Boro	0.0031	mg/L	1.0	5.0
Cobre	0.004	mg/L	0.2	0.5

En la tabla 6 se observa, los parámetros en el Sistema de Riego Yocará del Punto 1 que se ubicó en la bocatoma, los cuales fueron comparados con los ECA, donde a simple vista DBO<sub>5</sub>, DQO y Oxígeno disuelto se mantuvieron por encima de este. Los resultados obtenidos se asemejan al estudio de Huayta (2019) este obtuvo como resultado en su calidad de agua para OD 5mg/L hasta 6 mg/L en el caso de DBO también superaron los ECA esto debido al efecto de aguas residuales pues DBO presenta en ambos casos la cantidad de materia orgánica presente en el agua lo que demanda un mayor consumo de oxígeno por las bacterias.

**Figura 2.**

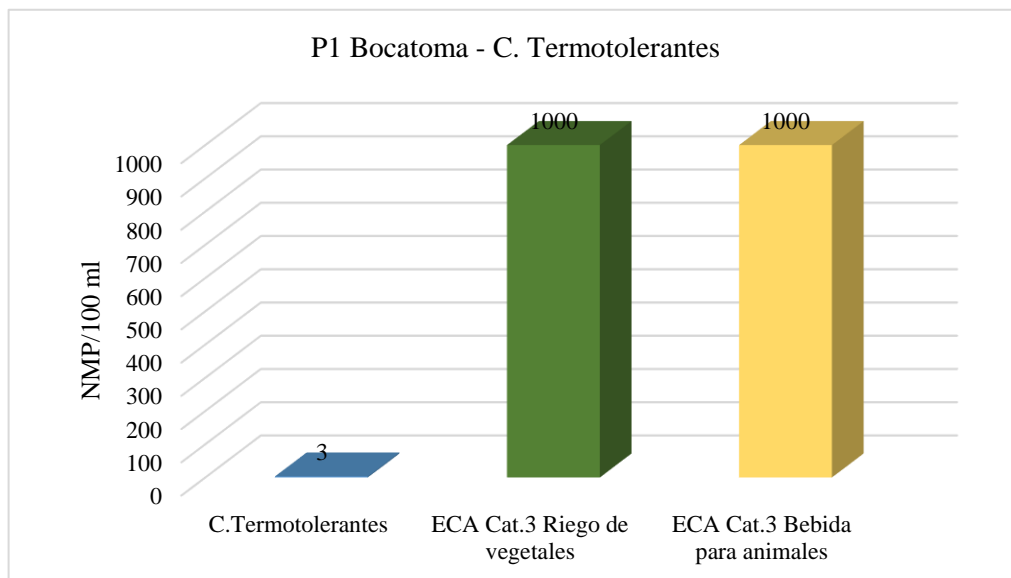
*P1 Bocatoma – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3*



Nos muestra la figura 2, los parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3, donde Arsénico presentó 0.0002 mg/L, Aluminio 0.004 mg/L, Hierro 0.017 mg/L, Manganeso 0.0003 mg/L, Cadmio 0.00011 mg/L, Plomo 0.0003 mg/L, Cobre 0.0004 mg/L y Boro 0.0031 mg/L, dichos resultados no sobrepasan los valores que establece los ECA, así también se asemejan a los que obtuvo el estudio de Gutierrez (2018) donde los parámetros inorgánicos se mantuvieron por debajo de los ECA.

### Figura 3.

*P1 Bocatoma – Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3*

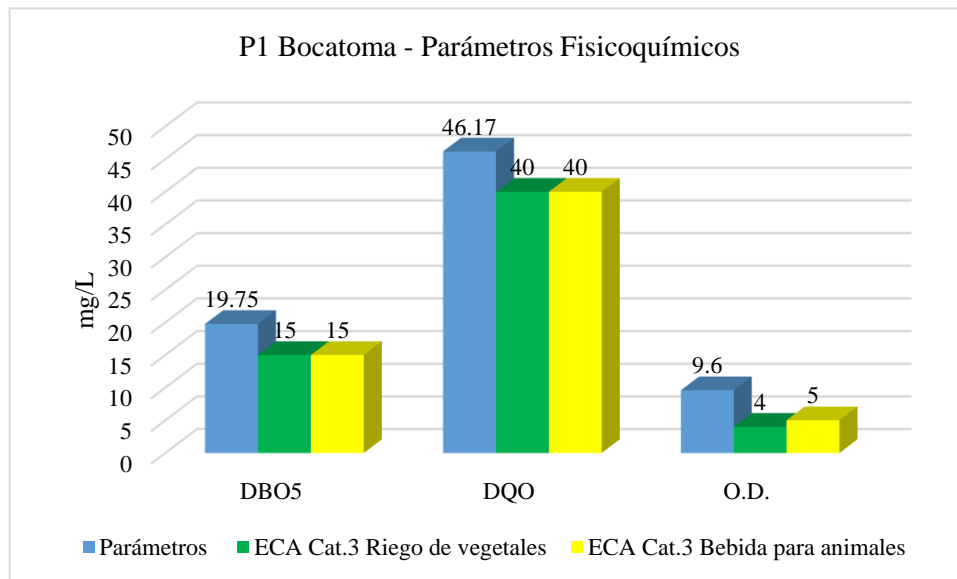


Nos indica en la figura 3, el parámetro microbiológico dentro de ello Coliformes Termotolerantes en donde presentó 3 NMP/100 ml, manteniendo por debajo los ECA para agua.



**Figura 4.**

*P1 Bocatoma – Parámetros fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3*



Indica en la figura 4, el cual corresponde al Punto 1 Bocatoma del Sistema de Riego Yocara, en donde nos indica que DBO<sub>5</sub> y DQO presentó como valores 19.75 y 46.17 mg/L respectivamente, los cuales se mantuvieron por encima de los valores que establece el ECA, además OD contiene una concentración de 9.6 mg/L, excediendo el valor determinado por el ECA.

b) Análisis en el P2 canal de conducción

**Tabla 7.**

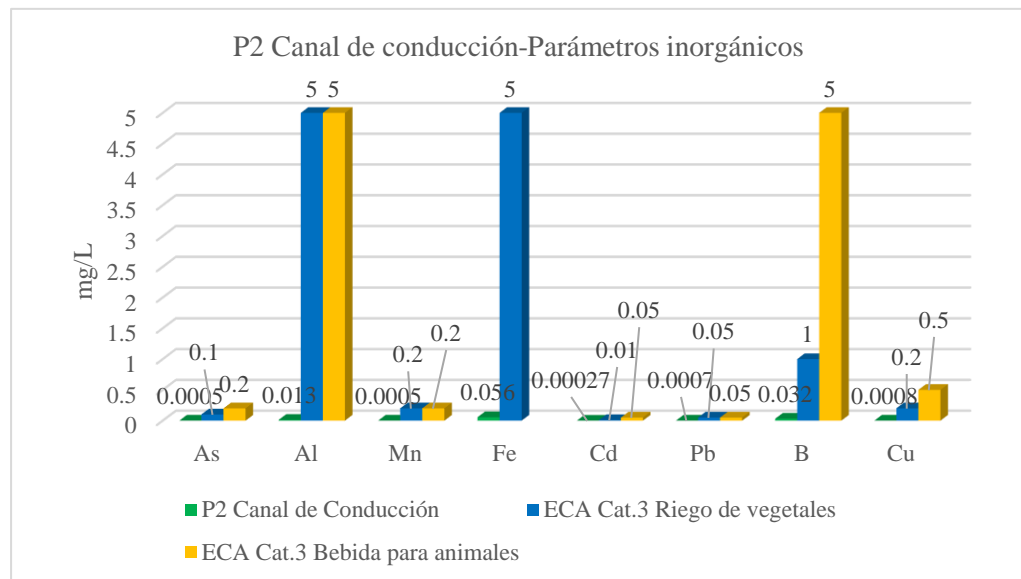
*Resultado de los parámetros analizados en el Punto 2 canal de conducción*

PUNTO 2		ESTE		
		NORTE		365031.875
Parámetros fisicoquímicos		UND	ECA de agua Cat.3 Riego de Vegetales	ECA de agua Cat.3 Bebida de animales
pH	7.12	Und	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
DBO <sub>5</sub>	19.21	mg/L	15	15
DQO	47.17	mg/L	40	40
O.D.	8.60	mg/L	4	5
Parámetros microbiológicos				
C.Termotolerantes	3	NMP/100ml	1000	1000
Parámetros Inorgánicos				
Arsénico	0.0005	mg/L	0.1	0.2
Aluminio	0.013	mg/L	5	5
Manganeso	0.0005	mg/L	0.2	0.2
Hierro	0.056	mg/L	5	*
Cadmio	0.00027	mg/L	0.01	0.05
Plomo	0.0007	mg/L	0.05	0.05
Boro	0.0032	mg/L	1	5
Cobre	0.0008	mg/L	0.2	0.5

En la tabla 7, nos indica la cantidad de parámetros en el Sistema de Riego Yocará del Punto 2 que se ubicó en el canal de conducción, donde se compararon los datos con los ECA, siendo DQO, DBO<sub>5</sub> y Oxígeno disuelto los que se mantuvieron por encima de estos.

**Figura 5.**

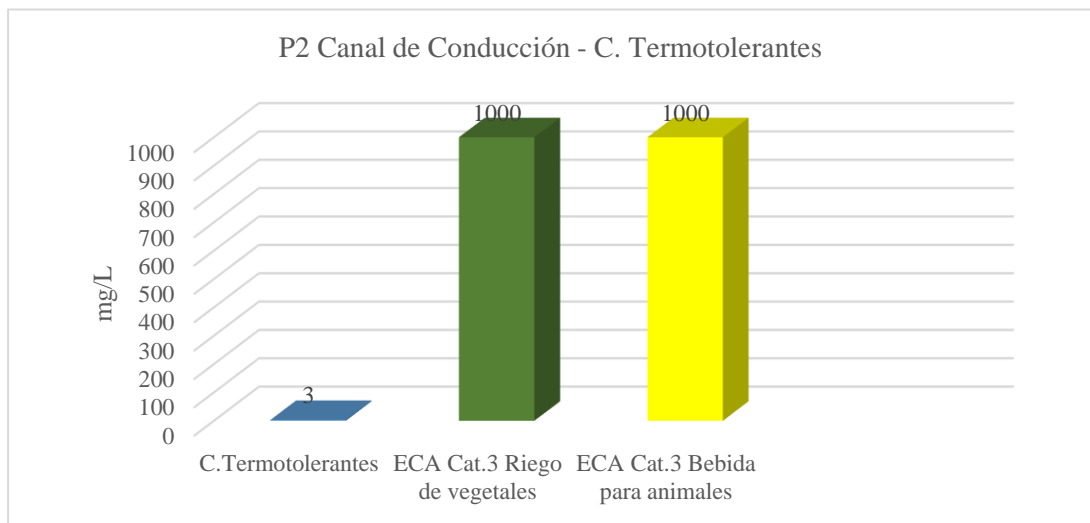
*P2 Canal de conducción – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3*



Se muestra en la figura 5, los parámetros inorgánicos en el punto 2 canal de conducción en comparación a los ECA Cat. 3 de riego de vegetales y bebida de animales, donde Arsénico presentó 0.0005 mg/L, Aluminio 0.013 mg/L, Hierro 0.017 mg/L, Manganeseo 0.0005 mg/L, Cadmio 0.00027 mg/L, Plomo 0.0007 mg/L, Cobre 0.0008 mg/L y Boro 0.0032 mg/L, dichos resultados se mantuvieron por debajo de los valores que establece los ECA.

**Figura 6.**

*P2 Canal de conducción – parámetros microbiológicos en comparación a los ECA*



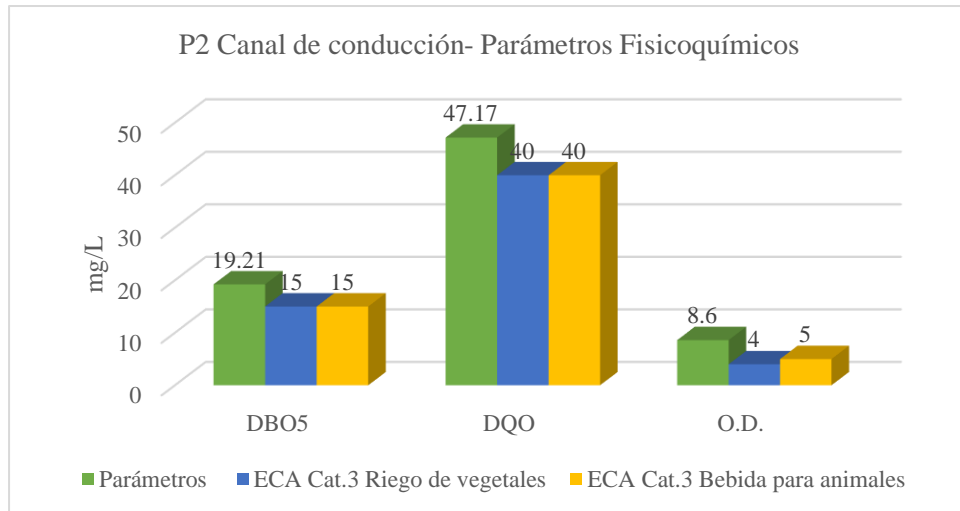
*Cat. 3*

Se muestra en la figura 6, nos indica que en el punto 2 de canal de conducción donde el parámetro microbiológico Coliformes Termotolerantes en donde presentó 3 NMP/100 ml, no sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

### Figura 7.

*P2 Canal de Conducción – Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat.*

3.



Se muestra en la figura 7, el cual pertenece al Punto 2 canal de conducción del Sistema de Riego Yocara, el cual nos indica que DBO<sub>5</sub> y DQO presentan 19,21 y 47,17 mg/L respectivamente, los cuales sobrepasaron los valores que establece el ECA, también Oxígeno disuelto presentó una concentración de 8.6 mg/L sobrepasando el valor establecido por el ECA.

c) Análisis en el P3 lateral de riego

**Tabla 8.**

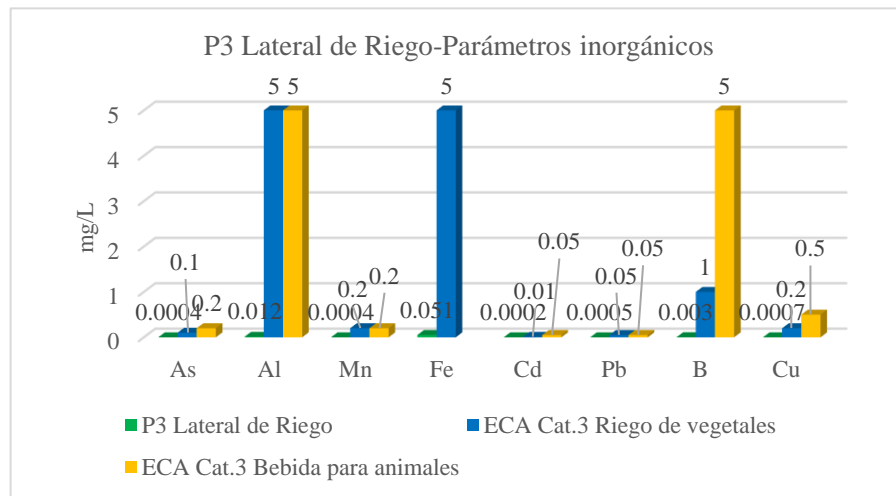
*Resultado de los parámetros analizados en el Punto 3 lateral del riego*

PUNTO 3		ESTE	368634.079	
		NORTE	828366.75	
Parámetros fisicoquímicos	UND	UND	ECA de agua Cat.3 Riego de Vegetales	ECA de agua Cat.3 Bebida de animales
			pH	7.26
DBO <sub>5</sub>	3	mg/L	15	15
DQO	7.50	mg/L	40	40
O.D.	6.50	mg/L	4	5
<b>Parámetros microbiológicos</b>				
C. Termotolerantes	3	NMP/100ml	1000	1000
<b>Parámetros Inorgánicos</b>				
Arsénico	0.0004	mg/L	0.1	0.2
Aluminio	0.012	mg/L	5	5
Manganeso	0.0004	mg/L	0.2	0.2
Hierro	0.051	mg/L	5	*
Cadmio	0.00020	mg/L	0.01	0.05
Plomo	0.0005	mg/L	0.05	0.05
Boro	0.0030	mg/L	1	5
Cobre	0.0007	mg/L	0.2	0.5

En la tabla 8, se identifica los datos analizados en el Sistema de Riego Yocara donde para su comparación se clasificaron como indica el ECA, ya sean parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos.

**Figura 8.**

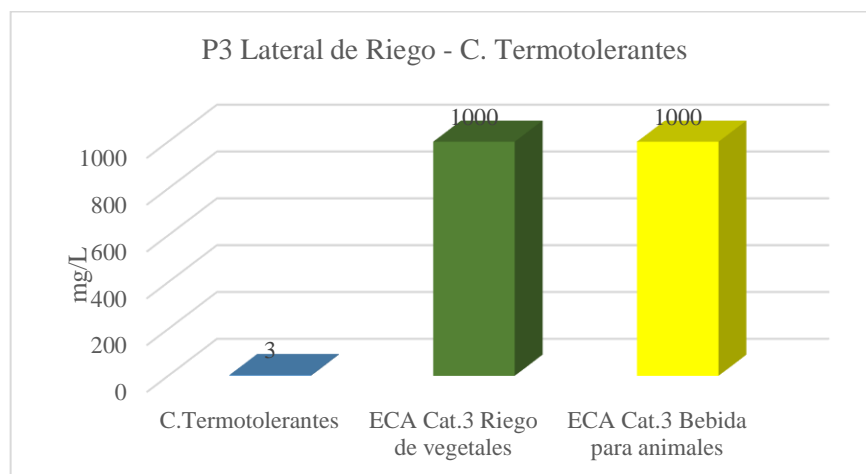
*P3 Lateral de Riego – Parámetros inorgánicos en comparación a los ECA Cat. 3*



Se muestra en la figura 8, los resultados de los parámetros inorgánicos que se obtuvieron en el P3 Lateral de Riego donde se compararon con los ECA Cat. 3, en donde los valores se mantuvieron por debajo de lo establecido, siendo As con 0.0004 mg/L, Al 0.032 mg/L, Mn 0.0004mg/L, Fe 0.051 mg/L, Cd 0.0002 mg/L, Pb 0.0005 mg/L, B 0.003 mg/L y Cu 0.0007 mg/L.

**Figura 9.**

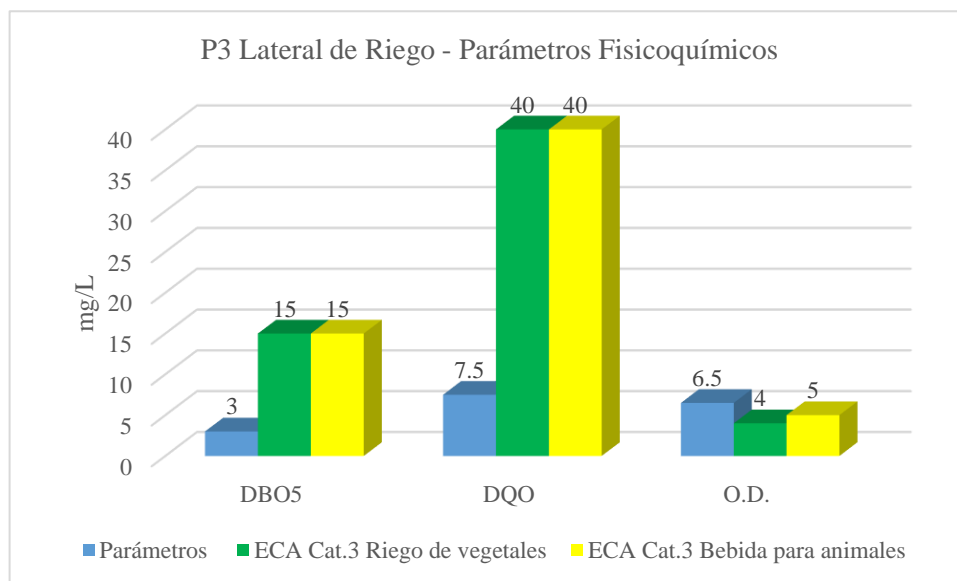
*P3 Lateral de Riego – Parámetros microbiológicos en comparación a los ECA Cat. 3.*



En la figura 8, se aprecia el Punto 3 Lateral de Riego en donde nos indica que Coliformes Termotolerantes presentan valores menores y por lo tanto no sobrepasan los ECA.

**Figura 10.**

*P3 Lateral de Riego – Parámetros Fisicoquímicos en comparación a los ECA Cat. 3.*



Se muestra en la figura 10, el cual pertenece al Punto 3 Lateral de Riego del Sistema de Riego Yocara, el cual nos indica que DBO<sub>5</sub> y DQO presentan 3 y 7 mg/L, y los valores se mantuvieron por debajo que establece el ECA; sin embargo, OD presentó una alta concentración, con 6.5 mg/L excediendo el valor entablado por el ECA.

#### **4.2. LA CALIDAD AGUA DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA ICARHS**

Identificó el ICARHS de las muestras obtenidas en los 3 puntos que se seleccionaron en el Sistema de Riego de Yocara, posterior a ello se muestra el Índice de



Calidad por cada punto con relación a los parámetros fisicoquímicos y orgánicos que se evaluaron mediante la calificación del ICARHS, el método ICARHS se conforma por 20 parámetros los cuales se agruparon por su origen en fisicoquímico metal y MO, con relación a la categoría asignada a los cuerpos de agua, para el Sistema de Riego Yocara fue considerada la categoría 3 denominada como Categoría de riego de vegetales y bebida de animales donde se realizó los cálculos con parámetros que se analizaron con referencia a la categoría 3, en Fisicoquímico Metal (pH, Arsénicos, Aluminio, Hierro, Manganeso, Cobre, Plomo y Cadmio), Materia orgánica (DQO, DBO<sub>5</sub>, Oxígeno disuelto, Termotolerantes).

#### 4.2.1. Determinación del ICARHS en el punto 1 Bocatoma

En la siguiente tabla nos indica la calificación que obtuvo el punto 1 con referencia a los resultados obtenidos en los análisis de agua.

**Tabla 9.**

*ICARHS para el Punto 1 Bocatoma*

<b>ICARHS – Punto 1</b>			
<b>Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales</b>			
<b>PUNTO</b>	<b>Valor ICARHS</b>	<b>Índice ICARSH</b>	<b>Clasificación ICARHS</b>
<b>P1</b>	92.90	80 - 94	<b>BUENO</b>

Se muestra en la tabla 9, el resultado del ICARHS para el punto 1 Bocatoma donde se obtuvo una calificación “BUENO” con una calificación de 92.90 que se encuentra en el valor de 80 – 94, en cual nos indica que la calidad de agua del Sistema de Riego en el Punto 1 Bocatoma es ocasionalmente dañada o amenazada y continuamente se aleja de los valores que se encuentran entablados en el ECA, para lo cual se podría recomendar algún tratamiento. Así también, en el estudio de Gutierrez (2018) donde empleó el Índice de Calidad de Agua del



Consejo Canadiense de Ministros del Ambiente, obtuvo una calificación de 80, denominándose también como buena, expresando de igual forma un grado menor de deterioro.

#### 4.2.2. Determinación del ICARHS en el punto 2 Canal de Conducción

En la siguiente tabla se indica la calificación obtenida en el punto 2 del Sistema de Riego

**Tabla 10.**

*ICARHS para el Punto 2 Canal de Conducción*

ICARHS – Punto 2			
Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales			
PUNTO	Valor ICARHS	Índice ICARSH	Clasificación ICARHS
P1	93.63	80 - 94	BUENO

En la tabla 10, se aprecia como resultados el ICARHS para el punto 2 Canal de Conducción en el Sistema de Riego Yocara, que tuvo un valor de 93.63 indicando una calificación de “BUENO” que indica que la calidad del agua se aparta un poco de la calidad natural agua, no obstante, las condiciones que se desean pueden encontrarse con algunas daños o amenazas de una magnitud menor. Nos obstante, en el estudio de Gutierrez (2018) este presentó un calificación de 57, denominándose como “Marginal” es decir que la zona que evaluó es frecuentemente amenazada.

#### 4.2.3. Determinación del ICARHS en el punto 3 lateral de riego

**Tabla 11.**

ICARHS para el Punto 3 lateral de riego

<b>ICARHS – Punto 3</b>			
<b>Categoría 3 Riego de vegetales y bebida de animales</b>			
<b>Punto</b>	<b>Valor ICARHS</b>	<b>Índice ICARSH</b>	<b>Clasificación ICARHS</b>
<b>P3</b>	97.34	95 - 100	<b>Excelente</b>

En la tabla 11 se muestra, donde se presenta la calificación con la aplicación del ICARHS para el Sistema de Riego Yocara en el Punto 3 Lateral de Riego, el cual obtuvo como resultado un valor de 97.34 el valor está entre 95 – 100, del ICARHS, el cual se denomina como calificación EXCELENTE, el cual muestra que la calidad del agua en el Punto 3 está resguardada, sin daños o amenazas, acercándose así a los niveles deseables, sin embargo, ocasionalmente podría ser dañada.

Los resultados obtenidos en el estudio se deben a la cantidad de parámetros que se analizaron en el desarrollo del ICARHS, a comparación con otros ICA que solo consideran entre 7 parámetros para el desarrollo (Gutierrez, 2018) indica que los índices que se adaptan a la realidad local obtienen resultados más eficientes, y los índices genéricos suelen enmascarar la realidad.

#### **4.3. RENDIMIENTO AGRÍCOLA EN BASE A LA CALIDAD DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA ICARHS.**

Para conocer el rendimiento agrícola, se realizó cultivos de cebada en parcelas de 3.00 \* 4.00 metros, posterior al crecimiento de la cebada se evaluó la altura de crecimiento y peso promedio de la planta.



### 4.3.1. Características agronómicas del cultivo

Se evaluó la altura de las plantas aleatoriamente desde la superficie del suelo, donde se empleó como unidad de medida el centímetro. Además, se identificó el rendimiento de los cultivos de cebada. Se indica a continuación la tabla los datos que se obtuvieron.

**Tabla 12.**

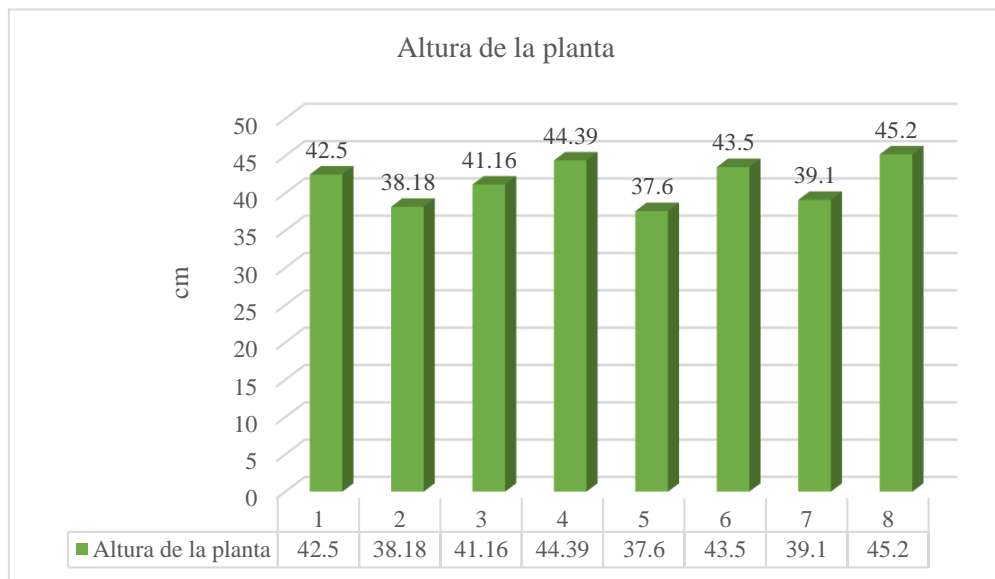
*Características de los cultivos de cebada*

	<b>Altura de la planta (cm)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
01	42.50	1540.00
03	38.18	1490.00
03	41.16	1533.00
04	44.39	1622.00
05	37.60	1340.00
06	43.50	1570.00
07	39.10	1320.00
08	45.20	1675.00

Se observa en la tabla 12, los datos que se obtuvieron en plantas de manera aleatoria donde se encontró medidas de 42.50cm, 38.18cm, 41.16cm, 44.39cm, 37,60cm, 43.50cm, 39.10cm y 45.20. Según nos indica INIA (2018) la cebada puede alcanzar alturas de entre 20 a 120 centímetros, por lo tanto las parcelas de cebada se encuentra dentro de un promedio indicado, así también el rendimiento se encuentra por debajo de lo establecido por el INIA ya que es desde 2000 a 3000 kg/ha.

**Figura 11.**

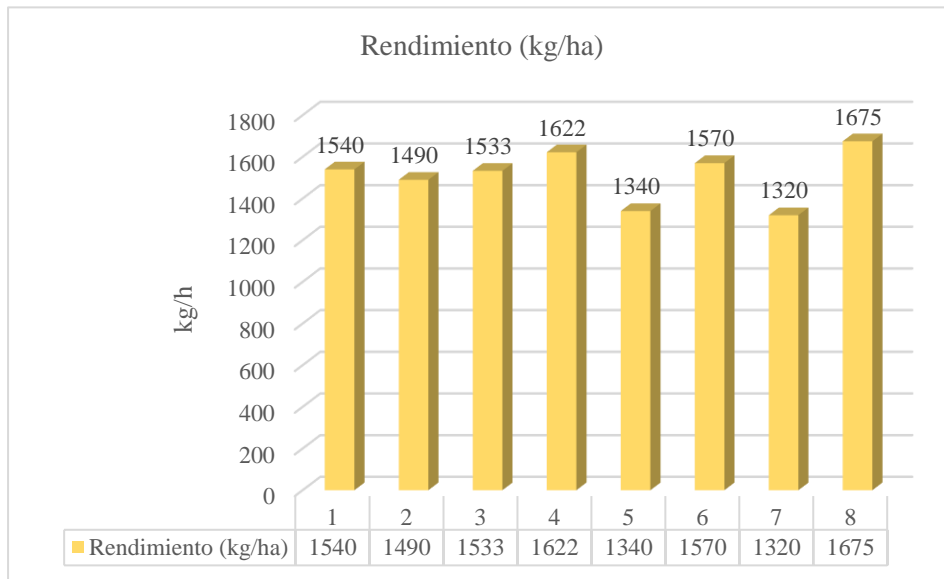
*Altura aleatoria de cebada*



En la figura 11, se presenta la altura de cebada que fueron tomados aleatoriamente y es así que se tiene como mínimo una altura de 37.6 cm y un máximo de 45.2 cm, con un promedio de 41.45 cm.

**Figura 12.**

*Rendimiento en los cultivos de cebada*



Se muestra en la tabla 12, el rendimiento de las parcelas de cebada en donde los resultados se mantienen entre 1320.00 y 1622.00, con un promedio de 1511.25.

**Figura 13.**

*Parcelas de cebada*



Se indica en la figura 13, las parcelas de cebada en desarrollo, donde presentan una altura promedio a lo establecido por el INIA.

#### **Figura 14.**

*Crecimiento de la cebada aplicando el Sistema de Riego Yocara*



#### **PRUEBA DE HIPÓTESIS**

Para determinar si la calidad del agua del sistema de riego influye en el rendimiento agrícola, se utilizó el modelo estadístico ANOVA estadístico, donde se usó el programa SPSS para la construcción de las tablas. A continuación, se menciona los criterios que se consideraron:

Formulación de la hipótesis

**H<sub>1</sub>** = La calidad del agua del Sistema de Riego Yocara influye en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS.

**H<sub>0</sub>** = La calidad del agua del Sistema de Riego Yocara influye en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS.

Criterio para decidir

- **Nivel de significancia = 5 % = 0.05 =  $\alpha$**

- **Prueba Estadística ANOVA**
- **Estimador:**

Si la probabilidad obtenida p-valor  $\leq 0.05$ , rechaza  $H_0$  (se acepta  $H_1$ )

Si la probabilidad obtenida p-valor  $> 0.05$ , acepta  $H_0$  (se rechaza  $H_1$ )

En la tabla 13, se aprecia la prueba estadística ANOVA indicando que el P- valor, comparado con el valor alfa 0.05, es menor; entonces se acepta la hipótesis **H1**: La calidad del agua del Sistema de Riego Yocara influye en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS. Por lo tanto, tiene diferencia significativa sobre la altura de la planta de cebada y en el rendimiento productivo.

**Tabla 13.**

Calidad del agua en el rendimiento agrícola empleando la metodología ICARHS

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Altura de la planta	Entre grupos	6.038	2	3.019	<b>0.319</b>	<b>0.007</b>
	Dentro de grupos	56.853	6	9.475		
	Total	62.891	8			
Rendimiento	Entre grupos	236.222	2	118.111	<b>0.006</b>	<b>0.009</b>
	Dentro de grupos	113122.667	6	18853.778		
	Total	113358.889	8			





#### 4.4. DISCUSIÓN

El estudio presente evaluó la calidad del agua del Sistema de Riego Yocara, donde sus aguas son adecuadas para fines agrícolas con relación a los 3 puntos de muestreo, aunque en el P1 Bocatoma y P2 presentó inconvenientes con relación a los DBO<sub>5</sub>, DQO y OD sobrepasando los ECA para agua, teniendo así ocasionalmente alteraciones en la calidad del agua, además presentó resultados similares a la investigación de Guerrero (2019) ya que trabajó sobre la calidad de agua de la cuenca mediante el río Jequetepeque, no superaron los Estándares de Calidad Ambiental de agua para Riego de vegetales y bebida de animales, sin embargo, la calidad bacteriológica en la cuenca media del río Jequetepeque es alterada de manera moderada debido a los vertimientos de origen doméstico.

En el Sistema de Riego presentó calificación Bueno en el primer punto denominada Bocatoma, así en el punto 2 Canal de conducción también con calificación de bueno y en el punto 3 lateral de riego tuvo calificación de excelente. En cambio, en el estudio donde analizó el río San Gabán, en la parte alta presenta una calidad buena, en la parte de la cuenca media presentó calificación regular y en la zona de la parte baja dio como resultado una calificación regular decayendo a manera que avanza, donde los factores antrópicos tienen principal causa de contaminación y el deterioro del ambiente, por el accionar del desarrollo alrededor de sus aguas.

La investigación presentó un ICARHS promedio de calificación de 95.62 siendo este entre Bueno y Excelente, mientras que en la investigación de Vargas (2021), donde analizó la cuenca del río San Gabán con 6 puntos de monitoreo presentó un promedio de 81, donde también indicó que la calidad de agua es “Buena”, en cambio la investigación



de Chávez donde determinó la calidad del Río Cazonas utilizó la metodología ICA Brown-NFS donde presentó un índice promedio de 63.94, a razón de que alrededor de sus aguas se realizan actividades que alteran la calidad, al igual que en la investigación de Sanabria (2020) donde presentó variaciones de la calidad del recurso hídrico en la cuenca alta del río Bogotá.

El estudio de Tarifeño y Rondam (2021) quien indica que su investigación cumple con los ECA del agua en metales pesados a excepción de manganeso quien presentó una elevada concentración en el punto de muestreo, esto no coincide con el reporte efectuado en el estudio presente, pues los parámetros inorgánicos (metales pesados) presentaron datos adecuados.



## V. CONCLUSIONES

- Los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicas del sistema de riego presentaron elevada concentración en DBO<sub>5</sub>, DQO y OD en el punto 1 y 2 Bocatoma y Canal de conducción respectivamente, sobrepasando así los ECA para agua, no obstante, en parámetros inorgánicos no sobrepasaron los valores permitidos, para el P3 Lateral de Riego presentaron valores más aptos, siendo Oxígeno disuelto el único que sobrepaso el ECA.
- En la calidad de agua del Sistema de Riego Yocara presentó como bueno en el P1 Bocatoma y P2 Canal de conducción, sin embargo, en el P3 Lateral de Riego presentó una calificación de excelente, esto indicaría que en ocasiones se encuentra alejada de la calidad natural, lo que podría estar expuesto a daños o amenazas que son de poca magnitud.
- Se concluye que las parcelas agrícolas podría ser perjudicadas ya que según los resultados indica que el Sistema de Riego presentó condiciones aceptables conforme a la metodología ICARHS, pero tuvo exceso en los parámetros fisicoquímicos, pues se encontró en la altura de las plantas de cebada con un promedio de 41.45 cm, lo cual las parcelas de cebada se encuentran dentro de un promedio indicado, así también el rendimiento es encontrado con un promedio de 1511.25 kg/ha esto por debajo de lo establecido por el INIA, que va desde 2000 a 3000 kg/ha. Además, se concluye que la calidad del Sistema de Riego Yocará influye en el rendimiento agrícola, ya que el P-valor comparado con el valor alfa 0.05 es menor. Por lo cual, posee diferencia significativa sobre la altura de la planta cebada y el rendimiento productivo.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar monitoreos más constantes en el sistema de riego para así poder conseguir datos del comportamiento de sus aguas.
- Se recomienda realizar medidas correctivas y de sanción en contra de cualquier pueda atentar con la calidad del agua del sistema de riego, además que se debe tener en cuenta el de realizar reportes que actualicen las fuentes de contaminación hacia el sistema de riego.
- Se recomienda que se pueda controlar la captación de agua en el Punto 1 de la Bocatoma, además de realizar monitoreos en distintas épocas a razón de la elevada concentración de DQO, DBO<sub>5</sub> y Oxígeno Disuelto.
- Se recomienda realizar estudios que se relacionen al ICARHS, con el cual se pueda obtener procesos más actuales.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almiron, M. (2016). *Investigación para la obtención de cobre electrolítico a partir de calcinas de cobre.*
- Álvaro, G. (2019). *Importancia del agua de riego en la agricultura.*
- ANA. (2020). *Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS).*
- Atoc, D. (2018). Evaluación de la calidad de agua de riego en cultivos de pan llevar en la cuenca baja del río Moche, provincia de Trujillo - 2019. In *Reconocimiento de patrones en enfermedades respiratorias (Vol. 2).*
- ATSDR. (2010). *Resumen de Salud Pública Aluminio.*
- Cahua, D. (2020). Evaluación del sistema de riego por aspersión Huancasayani Ñacoreque y su relación producción agrícola en Cuyocuyo - Sandia. In *Universidad Nacional del Altiplano.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Carvajal, K. (2020). *Evaluación de Calidad de agua con fines agrícola en los acuíferos de cuatro zonas del Cantón Milagro.*
- Chirinos, T. (2018). Efecto de la dosis de riego en el consumo y eficiencia de uso del agua de un ecotipo local de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en ccaje, 2015 – 2016. In *Revista de Investigaciones (Vol. 7, Issue 3).*  
<https://doi.org/10.26788/riepg.v7i3.345>
- Cortes, V., & Vargas, M. (2020). *Diseño e implementación de un Sistema de Riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussenpin.* Universidad Católica de Colombia.



- Costa, C. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicas de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019.*
- Dalmaso, J. (2016). *Influencia del déficit hídrico en diferentes etapas fenológicas sobre el rendimiento y calidad del zapallo Cucurbita moschata, cv. Cokena INTA.*
- Fano, D. (2021). *Exposición a arsénico en agua potable, metabolismo, y sus efectos sobre los resultados perinatales en Tacnam Perú.*
- Guerrero, A. (2019). *Calidad del agua agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Gutierrez, V. (2018). Evaluación de la calidad de agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha utilizando el índice de calidad de agua del consejo canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018. *Universidad Peruana Unión*, 1–95.
- Huahuasoncco, E. (2018). Identificación y valoración de impacto ambiental de la contaminación por aguas servidas en el río Ayaviri. In *Universidad Nacional del Altiplano*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Huayta, M. (2019). Efecto del vertimiento de aguas residuales domésticas en la calidad de agua del río Cabanillas. In *Ayax* (Vol. 8, Issue 5).
- INIA. (2018). *Cebada, variedad con Buena Calidad de Granos para Procesamiento.*
- Janampa, Y., & Quiroz, M. (2021). *Remoción de carga orgánica de aguas residuales domésticas por el método de coagulación con sulfato de aluminio en el lugar Agua de Vinchi-Santa Ana-Huancavelica.*
- LENNTECH. (2022). *Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente.*
- Lopez, J. (2019). *Evaluación de la calidad del agua para uso agrícola del río*



*Challamayo, Tiquillaca Puno.*

- Martínez-Rodríguez, O. G., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., García-Paredes, J. D.,  
Martínez-Rodríguez, O. G., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., & García-Paredes,  
J. D. (2017). Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate.  
*Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(1), 53–65.  
<https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I1.71>
- Méndez, F., & González, J. (2009). Evaluación de la calidad del agua de riego usada en  
los cultivos de arroz de la zona alta de la meseta de la ciudad de Ibagué (Tolima,  
Colombia). *Revista Tumbaga*, 4(1), 73–84.
- MINAM. (2008). Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental del Agua. In *El  
Peruano* (pp. 377222–377227).
- Olaya, R., & Vargas, A. (2018). *Presencia de contaminantes metálicos en sedimentos  
depositados en las hojas de los árboles y salud de los trabajadores ambulantes de  
la Avenida Manco Cápac en el distrito de la Victoria.*
- Perez, R. (2021). El agua en la agricultura. *La Granja*, 1(1), 23.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n1.2002.13>
- Portocarrero, C. (2018). *Validación de tres métodos analíticos para la determinación del  
Boro por espectrofotometría visible.*
- Quispe, J. (2013). *Propuesta metodológica para la evaluación de los sistemas de  
tratamiento de aguas residuales domesticas mediante lagunas de estabilización -  
Azángaro.* Universidad Nacional del Altiplano.
- Ramos, L., & Priscilla, P. (2015). Captación, evaluación, tratamiento y diseño de una  
planta de consumo de agua potable en la localidad Pampas de Pajonal Distrito de



- Mollebaya. In *Repositorio de la Universidad Nacional de San Agustín*.
- Salinas, A. (2018). *Diseño de un prototipo de Sistema Automatizado con arduino para riesgo en el cultivo de fresas*.
- Sanabria, A. (2020). *Análisis multitemporal de los indicadores de calidad de agua en corrientes superficiales (ICA) de la cuenca alta del Río Bogotá*.
- Sánchez, S. (2019). *Impacto en la calidad del agua del colector "Santa Lucía" ocasionado por los efluentes del camal municipal de Chachapoyas-2018*.
- Sosa, C., & Hoyos, W. (2016). *Determinación de las Concentraciones óptimas de próxido de hidrógeno e iones  $Fe^{2+}$  en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en Vinazas mediante el Proceso Feston*.
- Tarifeño, J., & Rondam, J. (2021). *Calidad del agua captada para riego y su impacto en el cultivo de Espárrago de la cuenca baja del río Huarney, región Ancash*.
- Tello, M. (2015). *Evaluación del Riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de cuenca*.
- Torres, W., & Ruiz, J. (2020). *Centro de Alto Rendimiento Agrícola para el desarrollo de la competitividad en los espacios de producción del cacao en el distrito de Jaén*.
- Vargas, B. (2021). *Análisis espacio-temporal del Índice de la calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales (ICARHS) en puntos de control del río San Gabán-Carabaya Puno-2021*. In *Repositorio Académico USMP*.





## ANEXOS

### Anexo 1. Panel fotográfico



**Figura 15.** Reconocimiento del Punto 1 en la Bocatoma Principal



**Figura 16.** Reconocimiento del punto de muestreo P3 Lateral de Riego



**Figura 17.** Recolección de muestras en el P3 Lateral de Riego



**Figura 18.** Análisis en laboratorio de los 3 puntos de muestreo



**Figura 19.** Sistema de Riego Yocara



**Figura 20.** Crecimiento de la cebada aplicando el Sistema de Riego Yocará



**Figura 21.** Parcelas de cebada en crecimiento



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CESAR JULIAN ZEA CANAZA,  
identificado con DNI 44458197 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRICOLA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO  
YOCAPA EN EL RENDIMIENTO AGRICOLA EMPLEANDO LA  
METODOLOGIA ICARHS ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 17 de MAYO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo CESAR JULIAN ZEA CANAZA,  
identificado con DNI: 44458197 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA AGRÍCOLA,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO YOCARA EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA EMPLEANDO LA METODOLOGÍA ICARHS ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 17 de MAYO del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella