



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES (PLANTA CACHICHE) PARA EL RIEGO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS, DISTRITO DE ICA, 2021”**

Presentado por:

Bach. **PEREZ PARIONA MARYLIN DONATILA**

ROL DEL AUTOR del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 11% por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO,**

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 28 de febrero de 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACION  
*Jaime Martínez Hernández*  
Dr. Jaime Martínez Hernández  
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria



**TESIS**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
MUNICIPALES (PLANTA CACHICHE) PARA EL  
RIEGO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS, DISTRITO DE  
ICA, 2021**

Línea de investigación: Ciencias Naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles

**AUTOR: PEREZ PARIONA MARYLIN DONATILA**

**ASESOR: Dr. RAMIRO ZUZUNAGA MORALES**

Ica, Perú

2022

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág
Índice de Contenidos	ii
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	08
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	10
1.2. ANTECEDENTES	11
1.2.1. Antecedentes a nivel internacional	11
1.2.2. Antecedentes a nivel nacional	12
1.2.3. Antecedentes a nivel local	13
1.2.4. Justificación e importancia de la investigación	13
1.2.5. Bases teóricas	14
II. ESTRATEGIA METODOLOGICA	20
2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	20
2.2.1. Población	20
2.2.2. Tamaño de la muestra	20
2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	21
2.3.1. Variable independiente	21
2.3.2. Variable Dependiente	21
2.3.3. Operacionalización de variables	21
2.4. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN	21
2.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	23
2.5.1. Técnicas	23
2.5.2. Instrumentos	23
2.5.3. Análisis de datos	23
III. RESULTADOS	24
3.1. DESCRIPCION DE LA PTAR-CACHICHE	24

3.2. EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	26
3.2.1. Materiales y equipos	26
3.2.2. Toma de muestras de agua residual	26
3.2.3. Composición del agua residual	27
3.2.4. Parámetros fisicoquímicos del efluente	29
3.2.5. Parámetros microbiológicos del efluente	37
3.2.6. Comparación del efluente de la PTAR con el LMP y ECA	34
3.3. ENCUESTA A LOS AGRICULTORES DEL VALLE DE ICA	41
3.3.1. Agricultores del CC.PP. San Jacinto	41
3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	54
3.4.1. Estadísticos descriptivos de correlación bivariada de los parámetros Fisicoquímicos y microbiológicos	54
IV. DISCUSIÓN	56
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
4.1.1. Parámetros fisicoquímicos	56
4.1.2. Parámetros microbiológicos	57
4.1.3. Encuesta de percepción de los agricultores	57
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	60
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Fases de tratamiento	15
Tabla 2: LMP para efluentes de PTAR municipales	16
Tabla 3: ECA para aguas	17
Tabla 4: Localidades que no cuentan con una PTAR	18
Tabla 5: Operacionalización de variables	21
Tabla 6: Puntos de monitoreo	27
Tabla 7: Parámetros del agua residual al ingreso a la PTAR	27
Tabla 8: Parámetros Físicoquímicos	29
Tabla 9: Temperatura	30
Tabla 10: pH	31
Tabla 11: Sólidos Suspendidos Totales	32
Tabla 12: DBO <sub>5</sub>	33
Tabla 13: DQO	34
Tabla 14: Aceites y grasas	35
Tabla 15: Nitratos	36
Tabla 16: Parámetros microbiológicos	37
Tabla 17: Coliformes Termotolerantes	38
Tabla 18: Comparación de efluente PTAR y LMP	39
Tabla 19: Comparación de efluente PTAR y ECA	40
Tabla 20: Parcela agrícola	42
Tabla 21: Siembra en parcela agrícola	43
Tabla 22: Riego con agua residual tratada	44
Tabla 23: Reúso del agua residual tratada	45
Tabla 24: Información sobre reúso de agua residual	46
Tabla 25: Distribución del agua residual tratada	47
Tabla 26: Riesgo de cultivos	48
Tabla 27: Disminución del precio del agua	49
Tabla 28: Consumo de productos agrícolas	50
Tabla 29: Precios de productos agrícolas	51
Tabla 30: Siembra y cosecha anual	52
Tabla 31: Campañas de sensibilización	53
Tabla 32: Estadísticos descriptivos	54
Tabla 33: Prueba de hipótesis t-Student	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Diagrama de Flujo de una PTAR	19
Figura 2: PTAR-Cachiche-Lagunas Facultativas	24
Figura 3: PTAR-Cachiche	25
Figura 4: Ingreso de las aguas servidas a las Lagunas Primarias	25
Figura 5: Limpieza de Lodos	25
Tabla 6: Parámetros del agua residual al ingreso a la PTAR	28
Figura 7: Temperatura	30
Figura 8: pH	31
Figura 9: Sólidos Suspendidos Totales	32
Figura 10: DBO <sub>5</sub>	33
Figura 11: DQO	34
Figura 12: Aceites y grasas	35
Figura 13: Nitratos	36
Figura 14: Coliformes Termotolerantes	38
Figura 15: Comparación de efluente PTAR y LMP	39
Figura 16: Comparación de efluente PTAR y ECA	40
Figura 17: Cauce San Jacinto	41
Figura 18: Agricultor de San Jacinto	41
Figura 19: Parcela agrícola	42
Figura 20: Siembra en parcela agrícola	43
Figura 21: Riego con agua residual tratada	44
Figura 22: Reúso del agua residual tratada	45
Figura 23: Información sobre reúso de agua residual	46
Figura 24: Distribución del agua residual tratada	47
Figura 25: Riesgo de cultivos	48
Figura 26: Disminución del precio del agua	49
Figura 27: Consumo de productos agrícolas	50
Figura 28: Precios de productos agrícolas	51
Figura 29: Siembra y cosecha anual	52
Figura 30: Campañas de sensibilización	53

## RESUMEN

El agua juega un papel importante en la producción y productividad agrícola en el Valle de Ica, este recurso es fundamental para las exportaciones agrícolas y la agricultura a pequeña escala, pero el principal problema ambiental al que se enfrenta es la descarga de aguas residuales no tratadas a los sistemas de riego y al río. Por tanto, el estudio tiene como objetivo: Evaluar los efluentes de las aguas residuales domésticas de la PTAR Cachiche para el riego en la agricultura del Distrito de Ica, Año 2021. La investigación es aplicada, de nivel explicativo y diseño experimental, mediante el muestreo no probabilístico se determinó la muestra de 500 ml del efluente del agua residual de la PTAR-Cachiche, asimismo se aplicó una encuesta de doce preguntas a dieciséis agricultores del CC.PP. San Jacinto, que utilizan las aguas residuales de la PTAR. Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron: Temperatura, pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, Aceites y grasas, Nitratos y los parámetros microbiológicos: Coliformes Tolerantes. Los resultados indican que en la contrastación con Los Límites Máximos Permisibles (D.S.003-2010-MINAM), la DQO = 358,26 mg/L excede al valor establecido (200 mg/L), asimismo en relación al Estándar de Calidad Ambiental para agua de riego (D.S.004-2017-MINAM) el DQO = 358,266 excede al valor establecido (200 mg/L), la DBO<sub>5</sub> = 161,0983 mg/L, sobrepasa el valor (15 mg/L) y los aceites y grasas = 16,47 mg/L, exceden los valores de 5mg/L establecidos. La encuesta realizada determino que los agricultores del CC.PP. San Jacinto, no tienen conocimiento de las ventajas del reúso del agua residual tratada de la PTAR-Cachiche.

**Palabras claves:** Planta de Tratamiento, Agua Residual, Reúso, Agricultura.

## ABSTRACT

Water plays an important role in agricultural production and productivity in the Ica Valley, this resource is essential for agricultural exports and small-scale agriculture, but the main environmental problem it faces is the discharge of untreated wastewater irrigation systems and the river. Therefore, the study aims to: Evaluate the effluents of domestic wastewater from the PTAR Cachiche for irrigation in agriculture in the Department of Ica, Year 2021. The research is applied, explanatory level and experimental design, through sampling A non-probabilistic sample of 500 ml of the wastewater effluent from the WWTP-Cachiche was determined, a survey of twelve questions was also applied to sixteen farmers from the CC.PP. San Jacinto, which uses wastewater from the WWTP. The physicochemical parameters evaluated were: Temperature, pH, COD, BOD5, Oils and fats, Nitrates and the microbiological parameters: Tolerant Coliforms. The results indicate that in the contrast with the Maximum Permissible Limits (DS003-2010-MINAM), the COD = 358.26 mg / L exceeds the established value (200 mg / L), also in relation to the Environmental Quality Standard for irrigation water (DS004-2017-MINAM) the COD = 358,266 exceeds the established value (200 mg / L), the BOD5 = 161,0983 mg / L, exceeds the value (15 mg / L) and the oils and fats = 16,47 mg / L, exceed the established 5mg / L values. The survey carried out determined that the farmers of the CC.PP. San Jacinto, are not aware of the advantages of reusing treated wastewater from the WWTP-Cachiche.

**Keywords:** Treatment Plant, Wastewater, Reuse, Agriculture.

## I. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua potable, ya sea debido al agotamiento de los recursos, la ubicación geográfica o el agua contaminada conduce al uso de aguas residuales recuperadas (tratadas) como una fuente alternativa. Pero hay que tener en cuenta que la calidad y la cantidad de las aguas residuales que se pueden reutilizar depende de muchos factores diferentes: socioeconómicos, técnicos (capacidad tecnológica de la Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales (PTAR)), culturales y políticos. Hoy en día, la población mundial se ha incrementado, por lo tanto, el volumen de aguas residuales que se generan en los hogares de la población y el sector industrial también se han incrementado, pero muchas ciudades no tienen un eficiente sistema de tratamiento de estas aguas residuales, lo que se constituye en focos infecciosos por virus, bacterias que originan enfermedades infecciosas como diarreas, cólera y tifoidea y malos olores. Asimismo, de no realizarse un tratamiento adecuado, estos vertimientos generarían riesgos ambientales y en la salud de la población.

La reutilización de aguas residuales tratadas en el uso de actividades distintas a las aguas originales, se convierte en una reutilización potencial que se puede utilizar en diferentes actividades la población para brindar servicios menos exigente en términos de calidad (diferente del agua para consumo humano) pero considerando los parámetros regulatorios y evitar problemas ambientales, sociales y económicos. Actualmente es una necesidad imperiosa tener nuevas fuentes de agua para que sean utilizadas en la actividad agrícola, por lo que en nuestra país a partir de la promulgación del D.L. N° 1289 y su reglamento se puede emplear agua reciclada para estos fines. Asimismo, el avance de la tecnología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas como industriales, permite que se utilicen y se disminuya la demanda de volúmenes de agua. Por lo que el objetivo de la investigación es evaluar los efluentes de las aguas residuales domesticas de la PTAR Cachiche para ser utilizadas en la agricultura del departamento de Ica.

La investigación consta de lo siguiente:

Capítulo I: Se describe la situación problemática de las plantas de tratamiento y el reúso de las aguas residuales y su impacto en el ambiente. Asimismo, se ha revisado los antecedentes nacionales, internacionales y locales relacionados a la investigación, determinándose que es importante darle un valor de uso a estas residuales previamente tratadas y que debe ser empleada en la agricultura del Valle de Ica.

Capítulo II: Se detalla la estrategia metodológica, donde se establece que la investigación es de tipo experimental, nivel explicativo y diseño cuantitativo no experimental. Asimismo, se ha determinado como muestra las aguas del efluente del PTAR de Cachiche, también se ha realizado una encuesta de doce preguntas a dieciséis agricultores del CC.PP. San Jacinto para conocer su percepción en relación al reúso de las aguas residuales tratadas en sus parcelas de cultivo.

Capítulo III: Se detalla los análisis de los parámetros fisicoquímicos (T°C, pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST, Aceites y grasas Nitratos) y microbiológicos (Coliformes termotolerantes) del agua Residual tratada. Asimismo, se presentan los cuadros y gráficas de los resultados de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y de las encuestas realizadas a los agricultores.

Capítulo IV: Se presenta la discusión de los resultados de los datos de las muestras analizadas y se realiza la contrastación con la normativa ECA (D.S. N° 004-2017- MINAM) y LMP (D.S. N° 003-2010-MINAM).

En los Capítulos V y VI; se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación y en el capítulo VII las referencias bibliográficas que se han revisado como fuentes de información documental.

## **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Antes de la década de 1960, los procesos de tratamiento de aguas residuales se consideraban complejos, a menudo difíciles de implementar, y sistemas altamente operativos y de mantenimiento, lo que a menudo imposibilitaba su aplicación en los países en desarrollo, donde las condiciones ambientales y sanitarias están empeorando en muchas ciudades. En los últimos años, el desarrollo de sistemas aeróbicos y anaeróbicos de tratamiento y estabilización de aguas residuales domésticas ha permitido mejorar significativamente su rendimiento, y estos sistemas también se utilizan cada vez más. Las aguas residuales producidas a nivel de la ciudad deben tratarse adecuadamente, antes de su reutilización o disposición final, para proteger el medio ambiente y la salud pública. Desde el punto de vista de las ciudades ecológicamente eficientes, se trata de proponer la mejor combinación de alternativas tecnológicas que permita el tratamiento de aguas contaminadas, disminuyendo el uso de los recursos, brindando el máximo beneficio ambiental y al menor costo económico.

La demanda mundial del agua por lo sectores productivos y la población en un panorama de cambio climático ejerce un gran presión en la distribución de este recurso, por lo que los países están ejecutando políticas en relación a su uso, por lo que los nuevos enfoques como la gestión integrada promueven la acción colectiva para su disponibilidad y sus diferentes usos. El recurso hídrico es vital para el desarrollo y crecimiento económico del país, específicamente para el riego en el Valle de Ica. Los cultivos de agro exportación del valle de Ica, demandan mucha agua, por lo su demanda ha generado problemas en su disponibilidad y se está recurriendo a las aguas subterráneas, lo que ha determinado actualmente que en el departamento de Ica se presente el estrés hídrico. Los principales beneficios del tratamiento de aguas residuales en la agricultura, está determinado por la materia orgánica presente como fuente de nutrientes para la producción de cultivos, lo que produciría la reducción en los costos de producción y rendimientos eficientes.

El uso de aguas residuales en la agricultura, ya sean tratadas o no, es una opción que comienza a incrementarse en diferentes partes del mundo, como respuesta alternativa al creciente déficit hídrico, incrementado y sobre todo ante la intensa competencia entre áreas urbanas y periurbana por el de agua dulce (FAO). Asimismo, los recursos de agua tratada se consideran desperdiciados cuando regresan a la cuenca, ya que los nutrientes que contienen pueden ser utilizados para el riego en la agricultura del Valle de Ica y se disminuiría la cantidad de nutrientes que contribuyen a la eutrofización de los cuerpos de agua. En otras palabras, las aguas residuales de una planta de tratamiento de aguas

residuales se pueden utilizar como una solución de tratamiento de agua sostenible, dependiendo de las necesidades y condiciones de la región de Ica.

## **Formulación del problema**

### **Problema principal**

¿Cómo evaluar los efluentes de las aguas residuales domésticas de la PTAR Cachiche para el riego en la Agricultura del Distrito de Ica, Año 2021?

### **Problemas específicos**

PE1: ¿Cómo la evaluación de los efluentes de las aguas residuales domésticas de la PTAR Cachiche determina el porcentaje de remoción de los contaminantes?

PE2: ¿Cómo la evaluación de los parámetros de medición del efluente determinan su uso en la agricultura del Distrito de Ica, Año 2021?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. Antecedentes a nivel internacional**

M. C., Méndez Gómez. (2019). Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua Residuales de Arbeláez a partir del sistema de Deer Island Waste Water Treatment Plant. La investigación tuvo como finalidad realizar esta propuesta, ya que desde el año 2002 esta planta no funcionaba de forma óptima por falta de mantenimiento y porque la descontaminación en la descarga solo alcanzaba un porcentaje mínimo. [1]

J. E., Tróchez Balcazar. (2018). “Evaluación del potencial uso para riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ginebra Valle del Cauca”. Determino la calidad agronómica y microbiológica del efluente de esta PTAR, que fue evaluado con las directrices de la FAO y el diagrama de clasificación para riego de USDA. Concluye que el efluente es apto para riego clasificándolo como *CI-S2*, y cumple con los estándares internacionales para riego agrícola, en relación a la calidad microbiológica, el contenido de huevos de helmintos del efluente cumple con los estándares de la OMS, pero el contenido de Coliformes fecales supera la norma. Asimismo, relacionándolo con la norma nacional de reúso cumple con los límites fisicoquímicos permisibles. [2]

J., Rosillo Martínez. (2017). Manejo y uso del agua residual tratada para riego agrícola en la cabecera municipal de Santa María Del Río, San Luis Potosí. Determino que el uso del agua tratada puede usarse en los cultivos de alfalfa, maíz y avena. Las aguas tratadas se manejaron mediante conducción por gravedad a través de canales revestidos, el riego por goteo fue el utilizado para la producción del maíz. [3].

[4] “Realizo una investigación sobre el tratamiento anaeróbico de aguas residuales mediante un reactor de flujo ascendente en Nigeria, diseñó un reactor de volumen de 0.03 m<sup>3</sup> y calcularon el porcentaje de DBO y la eliminación de solidos volátiles durante un período de 5 semanas, la eficiencia del reactor con una remoción de los sólidos volátiles (SV) fue 76,9 % y la DBO 65.1%”.

“En la ciudad de Belo Horizonte, Brasil, se desarrolló una investigación, en un reactor UASB, estanques de maduración (con y sin deflectores) y un filtro de roca granular en serie, concluyendo que el efluente cumplió con los estándares de descarga europeos y las directrices de la OMS para algunas formas de riego, y pareció ser una opción adecuada para el tratamiento de las aguas residuales domésticas para pequeñas comunidades con temperaturas cálidas, especialmente en países en desarrollo” [5].

[6] “Realizaron un estudio que tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del proceso primario anaerobio de los cuatro reactores UASB de una PTAR en Río Frío, Bucaramanga, Colombia durante un periodo de nueve años (2007 a 2015)”.

### **1.2.2. Antecedentes a nivel nacional**

J. C., Callata Barrantes. (2021). “Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco-Huancané-Puno-2021”. Evaluó la PTAR del distrito de Taraco, la metodología de investigación empleada es de corte transversal, la población fue la estructura de la PTAR y la muestra fue de tipo censal. Los resultados indican que el DBO<sub>5</sub> tiene una eficiencia de tratamiento de 2,03% la DQO asciende a 2,03%, aceites y grasas es de 65,02%, asimismo, indica que el sistema está colapsado ya que no cumplen con OS 0,90 y se necesita rediseñarla, por lo que planteo un sistema de filtración biológica, y

cumplir con el D.S. N° 003-2010.MINAM. [7]

M., Núñez Figueroa. (2019). “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento”. Determino la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de este distrito, en la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, aceites y grasas y Coliformes. Identificó los puntos muestreo: el primero ubicado en la entrada de la PTAR y el segundo en la salida de las aguas residuales, donde tomo seis (6) muestras de sedimentos: tres (3) muestras, en época de lluvias y tres (3) muestras en época de seca, realizando un análisis comparativo. Los resultados determinaron que la PTAR no fue efectiva en remoción de SST, el valor obtenido fue 50%, así como es ineficaz en la remoción de materia orgánica, de la DBO<sub>5</sub> y DQO con valores muy inferiores a los aceptables para este tipo de tratamiento (Normas de edificación. OS.090 (2006). La eficiencia de remoción de grasas y aceite fue de 82,20%, valor que se encuentra dentro de la eficiencia promedio para este tipo de tratamiento de aguas residuales. [8].

C. A., Hidalgo Nolasco. (2018). “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio el Milagro Huaraz-Ancash 2018”. La finalidad del estudio fue tratar las aguas residuales con el fin de evitar la contaminación del medio ambiente, las fuentes de agua y reducir las enfermedades transmitidas a través del tracto digestivo en la comunidad El estudio es descriptivo no experimental, la recolección de datos fue realizada a través de los procedimientos descritos en SUNASS, reglamentos de construcción, diseño de plantas de tratamiento y determinación de viabilidad de aguas residuales de la PTAR. [9].

“En la región Andino Amazónica del Perú, se realizó una investigación que consistió en evaluar las condiciones de arranque y operación mediante un depurador biológico a escala laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas” [10].

[11] “Tuvo como propósito estudiar el procedimiento de diluir el sobrante comunitario mediante un depurador biológico de nivelación de laboratorio, para la remoción de la carga orgánica en el barrio “Ocopilla”, Huancayo, los resultados obtenidos muestran que se logró un retiro del 93,578% del DQO a priori compete un periodo de permanencia de 5 horas; un pH de 8 y 40°C incluido en el fluido”.

“Desarrolló una investigación que tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del depurador biológico a escala piloto, para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se tomaron muestras del afluente y efluente, con una remoción del sistema de DBO 200 mgO<sub>2</sub>/L.d, turbiedad 80 NTU, DQO 290 mgO<sub>2</sub>/L.d, coliformes totales y fecales mayores a 2500 y 2450 NMP/100ml y los datos del efluente fueron: DBO 20.4 mgO<sub>2</sub>/L.d, turbiedad 4,63 NTU, DQO 28.8 mgO<sub>2</sub>/L.d, coliformes totales y fecales 823 y 691 NMP/100ml” [12].

[13] “Realizado la investigación para optimizar el tratamiento de aguas residuales, utilizando el sistema de depuración biológica en la localidad de Nuevo Chimbote, como tratamiento primario de los afluentes domésticos, previo al tratamiento secundario en la laguna facultativa existente”.

[14] “Analizo la eficiencia de un reactor UASB para el tratamiento de agua residual en Perú, basándose en una revisión bibliográfica de los métodos anaeróbicos, donde los reactores UASB resultan ser el más eficiente en el tratamiento de AR doméstica, los cuáles presentan diversas ventajas, pero también presentan parámetros que limitan su eficiencia”.

### **1.2.3. Antecedentes a nivel local**

Se ha revisado la bibliografía en relación al tema de investigación y no se han encontrado investigaciones al respecto.

### **1.2.4. Justificación e importancia de la investigación**

La recuperación y reutilización de aguas residuales no es un concepto nuevo, se ha practicado durante mucho tiempo, en la literatura científica existe muchos estudios en relación al tratamiento de aguas residuales desde un punto de vista tecnológico. La preocupación por los impactos en la salud del uso de agua recuperada, especialmente en el riego agrícola y la regeneración artificial de acuíferos, ha recibido una atención cada vez mayor durante la última década, ya que la rentabilidad de los beneficios se centra en cuestiones medioambientales en lugar de beneficios económicos. Si bien la recuperación y reutilización de aguas residuales ha sido reconocida como una estrategia prometedora para aliviar la escasez de agua y reducir el impacto ambiental, actualmente la reutilización de aguas residuales tratadas es bastante limitada en países desarrollados en comparación con los países en desarrollo que tiene las tasas de reutilización más bajas en relación con el tamaño de sus ciudades.

Hoy en día el recurso hídrico está sometido a presiones como consecuencia del incremento de la población, actividades industriales, agrícolas, etc., sumado a esta problemática la ineficiente gestión de este recurso, ha determinado su contaminación y escasez. Las aguas residuales domésticas e industriales producen impactos ambientales en el ambiente, recursos y afectación en la salud de la población, porque en su composición contiene concentración de bacterias, virus, y su vertimiento produce olores desagradables y presencia de vectores. Asimismo, el departamento de Ica es el sexto departamento más importante en su aporte al PBI y la segunda región debido a la exportación de espárragos, uva, tomate, algodón y aguacate. Frente a esta situación la demanda del recurso hídrico es elevada por lo que se está recurriendo a las fuentes subterráneas disminuyendo el volumen del acuífero, por lo que para seguir siendo considerado como una región agroexportadoras, es imperioso tratar estas aguas residuales domésticas que permitirían el aumento del volumen de agua que se utilizaría en el riego de estos cultivos.

### **Importancia.**

La Región Ica, se caracteriza por una grave escasez de agua su fuente principal, es el agua subterránea, sobrexplotada por el desarrollo agroexportador que demanda volúmenes importante de este recurso para el riego de cultivos de agroexportación, por lo que actualmente existe una veda para el otorgamiento de nuevos derechos de uso de agua. Por lo que, es necesario el reúso y la comercialización de agua residuales; ya que representa una oportunidad para hacer uso eficiente y darle un valor agregado al agua, Asimismo, EMAPICA no tiene la capacidad suficiente para el tratamiento de estas aguas residuales que ingresan a su PTAR-Cachiche, principalmente por el incremento del flujo de estas aguas derivado del aumento poblacional.

La investigación planteo los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Evaluar los efluentes de las aguas residuales domésticas de la PTAR Cachiche para el riego en la agricultura del Departamento de Ica, Año 2021.

### **Objetivos específicos**

OE1: Evaluar los efluentes de las aguas residuales domésticas de la PTAR Cachiche para determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes.

OE2: Evaluar los parámetros de medición del efluente para su uso en la agricultura del departamento de Ica, Año 2021.

## **1.2.5. Bases Teóricas**

### **1.2.5.1. Aguas residuales**

“Son masas de agua que han sido modificadas por actividades humanas o industriales y contienen sustancias orgánicas o inorgánicas disueltas o en suspensión y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reutilizadas y vertidas en aguas naturales o en sistemas de alcantarillado”.

### **1.2.5.2. Aguas residuales municipales**

“Aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado”. [7]

### **1.2.5.3. Tratamiento de las aguas residuales:**

“Serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar agentes patógenos presentes en el agua, la principal función es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para la disposición o reúso”. [8]. En la Tabla 1, se detalla las fases de tratamiento de estas aguas residuales.

Tabla 1

Fases de tratamiento

NIVEL	DESCRIPCIÓN	TIPO DE UNIDAD
Preliminar	Remueve material que ocasiona problemas operacionales como trapos, ramas, arenisca, material.	Rejas, tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasas, medidor y repartidor de caudal.
Primario	Remueve los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables para disminuir la carga orgánica.	Sedimentador, unidades con inyección de aire, tanque séptico, imhoff y tanques de flotación.
Secundario	Procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%	Lodos activados, biodiscos, filtros percoladores, humedales, lagunas de estabilización, reactor UASB.
Terciario	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración.	Microfiltración, coagulación y precipitación, absorción por carbón activado, cloración, destilación, oxidación química, extracción por solvente, remoción por espuma, nitrificación-denitrificación.

Fuente: RNE, 2006.

#### 1.2.5.4. Reúso de aguas residuales

Proceso de utilizar directa o indirectamente las aguas resultantes de actividades antropogénicas. El reúso es en su mayoría indirecto, en la medida que una gran cantidad de los desagües – tratados y no tratados - son descargados a cuerpos receptores, como ríos, mares o lagos, de los cuales se capta el agua para el uso agrícola el reúso directo es cuando las aguas residuales tratadas o sin tratar son utilizadas directamente en el riego agrícola o de áreas verdes, u otra actividad que las demande y reúso indirecto: Es cuando los desagües se descargan a los cuerpos receptores que luego son utilizados para las diferentes actividades. [9]

Tabla 2

Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR municipales

PARAMETROS	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	mg/L	20,0
Coliformes termo tolerantes	NMP/ 100 mL	10 000,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100,0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200,0
pH	Unidad	6,5 – 8,5
Sólidos totales en Suspensión	ml/L	150,0
Temperatura	°C	< 35,0

Fuente: D.S. N° 003-2010-MINAM

Tabla 3

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Aguas

CATEGORIA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES			
PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES			
PARAMETRO	UNIDAD	VEGETALES TALLO BAJO VALOR	VEGETALES TALLO ALTO VALOR
<b>BIOLÓGICOS</b>			
Coliformes	NMP/mL	1000	2 000 (3)
<u>Termotolerables</u>			
Coliformes	NMP/mL	5 000	5 000 (3)
Totales			
<u>Enterecocos</u>	NMP/mL	20	100
<u>Escherichia coli</u>	NMP/mL	100	100
Huevos de	NMP/mL	< 1	< 1 (1)
Helmintos			
<i>Salmonella sp.</i>		Ausente	
<u><i>Vibrión cholerae</i></u>		Ausente	Ausente

Fuente: D.S. N° 002-2008-MINAM

#### 1.2.5.5. Diagnóstico de los PTAR en el Perú

La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), ejerce una función supervisora y fiscalizadora a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), realizó el 2007 un inventario de las PTAR, en relación al estado de operación, mantenimiento y la calidad del servicio que prestan, identificando lo siguiente:

- Cobertura de tratamiento en déficit
- Las PTAR presentan ineficiencia operativa
- Inadecuada calidad de tratamiento para el reúso

- El financiamiento para tratamiento de las aguas residuales es mínimo.
- El volumen de aguas residuales tratadas es bajo.
- No existe investigación en relación al reúso de estas aguas.

En la Tabla adjunta se detalla las localidades más grandes del Perú que no tienen PTAR.

**Tabla 4**  
**Localidades que no cuentan con PTAR**

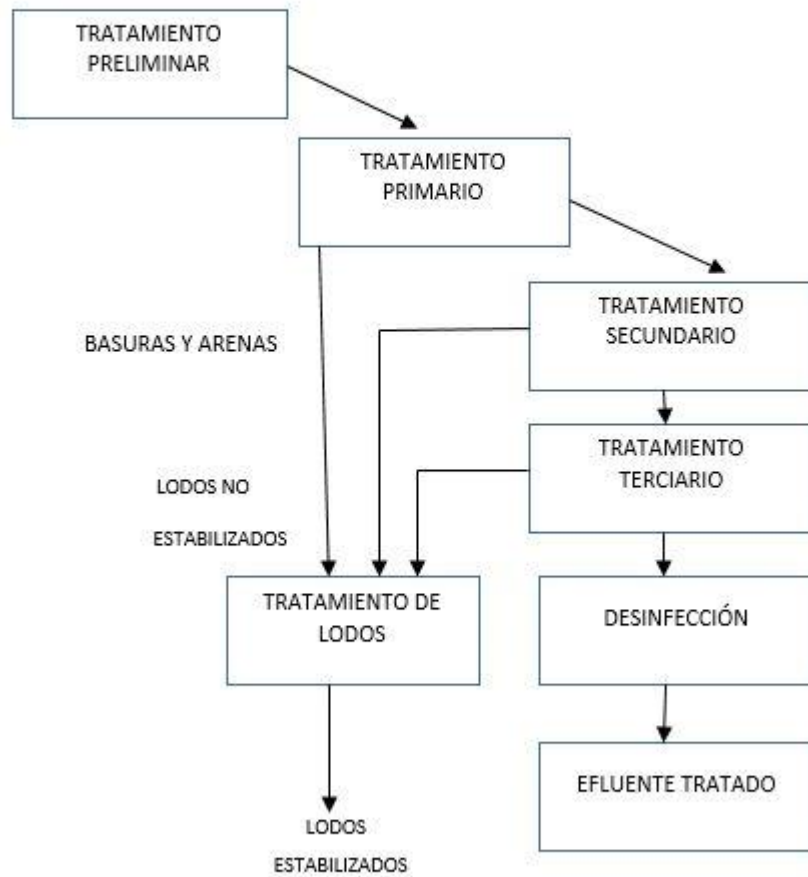
Nº	LOCALIDADES	CAUDAL VERTIDO AL ALCANTARILLADO (lt)
1	Huancayo, SEDAM HUANCAYO S.A.C.	384
2	Huánuco, SEDA HUANUCO S.A.	251
3	Sullana, EPS GRAU S.A.	200
4	Cajamarca, SEDACAJ S.A.	192

Fuente: SUNASS, 2015.

En la Figura adjunta se muestra el diagrama de flujo de una PTAR.

Figura 1

Diagrama de Flujo de una PTAR



Fuente: J.A., Romero Rojas, 1999.

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Tipo**  
Es Aplicada.
- **Nivel de Investigación.**  
Explicativo.
- **Diseño de la Investigación**  
No experimental de corte transversal.

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 2.2.1. Población

La población de la investigación estuvo constituida por las aguas residuales domésticas del departamento de Ica.

#### 2.2.2. Tamaño de la Muestra

Se empleó el muestro no probabilístico intencional, es decir, la muestra fue de 500 mL del efluente de agua residual domestica de la PTAR Cachiche, del distrito de Ica. Para conocer la opinión de los agricultores, en relación al reusó de estas aguas, se determinó la muestra de acuerdo a la fórmula:

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

Dónde:

n = número de agricultores encuestados

N = total de agricultores

Z = nivel de confianza 95%

Q= desviación estándar

E =error permisible

n = 16 agricultores

## **2.3. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

### **2.3.1. Variable Independiente**

VI = AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES (PLANTA CACHICHE)

### **2.3.2. Variable Dependiente**

VD = RIEGO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS

### **2.3.3. Operacionalización de variables**

La tabla 1, detalla la Operacionalización de las variables de investigación.

## **2.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **Hipótesis principal**

El tratamiento de aguas residuales municipales (planta Cachiche) permitirá el uso para el riego en cultivos agrícolas, distrito de Ica, 2021

### **Hipótesis específicas**

HE1: La evaluación de aguas residuales municipales (planta Cachiche) permite determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes.

HE2: La evaluación de los parámetros de medición del efluente determinan su uso en la agricultura del distrito de Ica, Año 2021.

Tabla 5

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p><b>Variable Independiente</b></p> <p><b>AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES (PLANTA CACHICHE)</b></p>	<p>Una planta de tratamiento está formada por diferentes etapas, las cuales, a su vez, pueden estar formadas por uno o más elementos. Entre más elementos más eficiente será. Estas etapas son: tratamiento preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario y secado de lodos” (Gálvez, 2007, p.9).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre tratamiento</li> <li>• Tratamiento primario</li> <li>• Tratamiento secundario</li> <li>• Características del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desbaste</li> <li>• Desarenador</li> <li>• Remoción de aceites y grasas</li> <li>• Parámetros químicos</li> <li>• Parámetros físicos</li> <li>• Parámetros microbiológicos</li> </ul>
<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p><b>RIEGO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS</b></p>	<p>Las aguas residuales o aguas servidas contienen una pequeña cantidad de sólidos en relación con el peso del agua. Aproximadamente, una tonelada de agua residual tiene una libra de sólidos, los cuales se pueden encontrar en solución, en suspensión o sedimentados. (Gálvez, 2007, p.21).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del agua de riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ECA's</li> <li>• LMP</li> </ul>

## 2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 2.5.1. Técnicas

Para la recolección de los datos se utilizó:

- **Observación directa:** se realizó monitoreos en campo mediante los instrumentos de medición, los datos se registraron en una ficha de monitoreo.
- **Muestreo:** Se realizó el muestreo en envases de vidrio de 500 ml, esterilizados y rotulados para la toma de muestras.
- **Encuesta:** Se realizó la encuesta a los agricultores del Valle de Ica, para conocer su opinión en relación a la utilización de estas aguas.

### 2.5.2. Instrumentos

Se emplearon los siguientes instrumentos:

- Ficha de recolección de datos
- Fichas de laboratorio
- Cuestionario aplicado a los agricultores
- Registro y análisis documentario: reportes de monitoreo realizado por EMAPICA (aguas residuales)

### 2.5.3. Análisis de datos

Este análisis se realizó mediante:

- A. Ordenamiento y clasificación de la información cualitativa y cuantitativa para su mejor análisis.
  - a. Tabulación: Los datos fueron tabulados en tablas para facilitar su interpretación y que permitió aplicar la estadística descriptiva.
  - b. Construcción del cuadro estadístico: Los datos se ordenaron en columnas y filas para comparar e interpretar los datos que tienen relación con las variables de la investigación.
  - c. Se utilizó el software EXCEL, para los datos que se obtuvieron del monitoreo de campo y resultados de análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA PTAR-CACHICHE

Ubicada en la zona del caserío Cachiche a 5 km del centro urbano, construida en el año 1971. Recibe gran parte de los desagües de la ciudad, pero su capacidad ha sido disminuida por el crecimiento poblacional. Es una Panta de tipo facultativo (operan en su estrato superior, como lagunas aerobias, en su estrato inferior como lagunas anaerobias y en su estrato intermedio con la presencia de bacterias facultativas se crea un estrato particular llamado “zona facultativa) de 04 lagunas de estabilización en un área de 12,8 ha, que mide cada una de 3,2 ha., con diques de tierra y fondo impermeabilizado con arcilla. Inicialmente funcionaba en PARALELO, primaria y secundaria, pero desde el año 2006 funciona en SERIE el esquema hidráulico (01 primaria y 03 secundarias) con un promedio de 480 lt/seg. En base a su diseño los remanentes de los efluentes se vertían en el Rio Ica, actualmente estos efluentes en su totalidad son vertidos al canal de riego San Jacinto.

Figura 2

PTAR- Cachiche: Lagunas Facultativas



Figura 3

PTAR-Cachiche



Componentes del Sistema de las Lagunas de Cachiche: Buzón principal de descarga de Afluentes del emisor principal, Cámara de rejas, Medidor Parshall, desarenador y canaleta de distribución directa hacia la Laguna N° 1

Figura 4

Ingreso de aguas servidas a las Lagunas Primarias



Figura 5

Limpieza de lodos (residuos sólidos)



### **3.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISOCOQUÍMICOS Y MICROBIÓLOGICOS DEL EFLUENTE DEL PTAR-CACHICHE**

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual, se analizaron en el Laboratorio de la FIAS-UNICA, de acuerdo a los protocolos de laboratorio establecidos para este tipo de análisis.

#### **3.2.1. Materiales y Equipos**

##### **Materiales:**

- Matraces Erlenmeyer
- Recipiente de 2,5 lts
- Cooler
- Frascos para muestras
- Pipetas graduadas de 10 ml y 20 ml

##### **Equipos:**

- Conductímetro
- Turbidímetro
- Termómetro portátil
- Medidor multiparamétrico
- Bureta automática de 25 ml
- Balanza analítica
- Medidor de oxígeno YSI, modelo 52
- Microdigestor para micro DQO
- Termoreactor para DQO
- Incubadora
- Horno digital

#### **3.2.2. Toma de muestras de agua residual**

- El aforo del caudal fue por el método volumétrico, que fue realizado en diferentes fechas.
- Los puntos de muestreo para las muestras permitió que estas fueran representativas.
- El muestreo del agua residual (efluente) se realizó en envases de vidrio etiquetados, que fueron colocados en un cooler para ser analizados en el Laboratorio de la FIAS-UNSLG.
- La medición del caudal del afluente fue de 7,01 l/s

- La medición del caudal del efluente fue de 6,16 l/s
- Pérdida de 0,85 l/s en la laguna de estabilización

La toma de muestras se realizo en 01 punto de monitoreo:

P1: Efluente municipal (salida del efluente), durante los meses de Julio a Diciembre del 2021.

Tabla 6  
Puntos de monitoreo del efluente

PUNTOS DE MONITOREO	MESES
P1	Julio
P2	Agosto
P3	Setiembre
P4	Octubre
P5	Noviembre
P6	Diciembre

### 3.2.3. Composición del agua residual del afluente

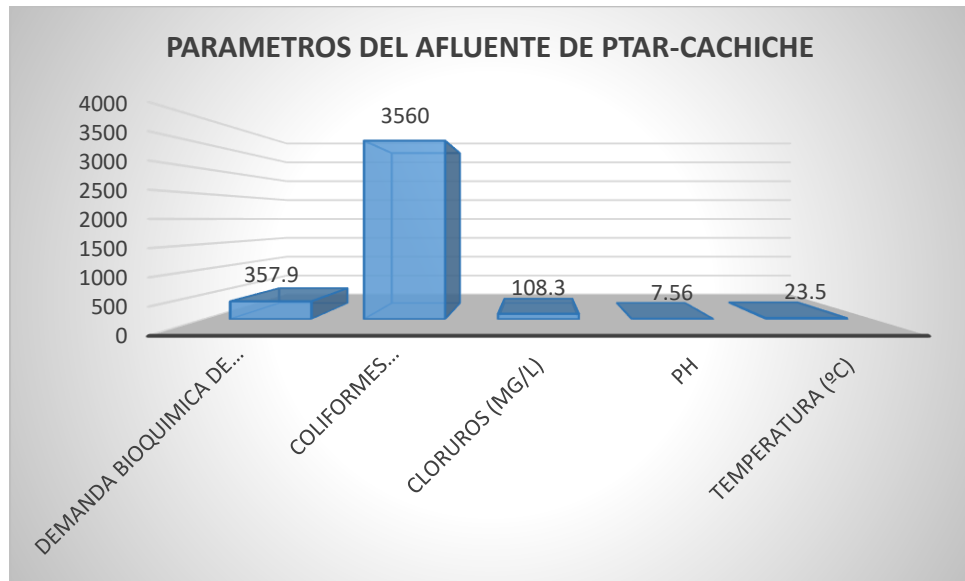
Se ha determinado la composición del agua residual al ingreso de la PTAR-Cachiche, que se detalla en la tabla adjunta

Tabla 7  
Parametros del agua residual al ingreso a la PTAR

PARAMETROS	VALOR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L)	357,9
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	3560
Cloruros (mg/l)	108,3
pH	7,56
Temperatura (°C)	23,5

Figura 6

Parametros del agua residual al ingreso a la PTAR



**Interpretación:**

Al ingreso a la PTAR, la composición del agua residual en sus parametros fisicoquimicos y microbiologicos es variado, ya que recibe los desagúes de la poblacion de Ica. La concentracion de coliformes es elevada, lo que indica que estas aguas no deben ser vertidas sin previo tratamiento.

### 3.2.4. Parametros fisicoquimicos del efluente

Para evaluar los parametros fisicoquimicos se ha tomado como base los ensayos y normas de referencias (Tabla adjunta)

Tabla 8  
Parametros Fisicoquimicos

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TITULO
Demanda Bioquímica de oxígeno	SM 5210 E	<u>Biochemical oxygen demand 5 days</u>
Acietes y grasas	SM 5520 B	<u>liquid-liquid, Partition-Gravimetric Method</u>
Solidos Totales Suspendidos	SM2540 D	<u>Total Suspended Solids Dried at 103-105C°</u>
Fósforo	SM 4500 P	<u>Phosphorus Ascorbic Acid Method</u>
Nitrogeno Amoniacal	SM 4500-NH3F	<u>Phenate Method</u>
Nitrógeno Total Kjeldahl	HACH8075Ed7	<u>Nitrogen Total-Kjeldahl</u>
Demanda Química de Oxígeno	SM 5220 D	<u>Closed Reflux. Colorimetric Method</u>

Fuente: APHA, AWWA, WEF 22 st Ed., 2012

### 3.2.4.1. Temperatura

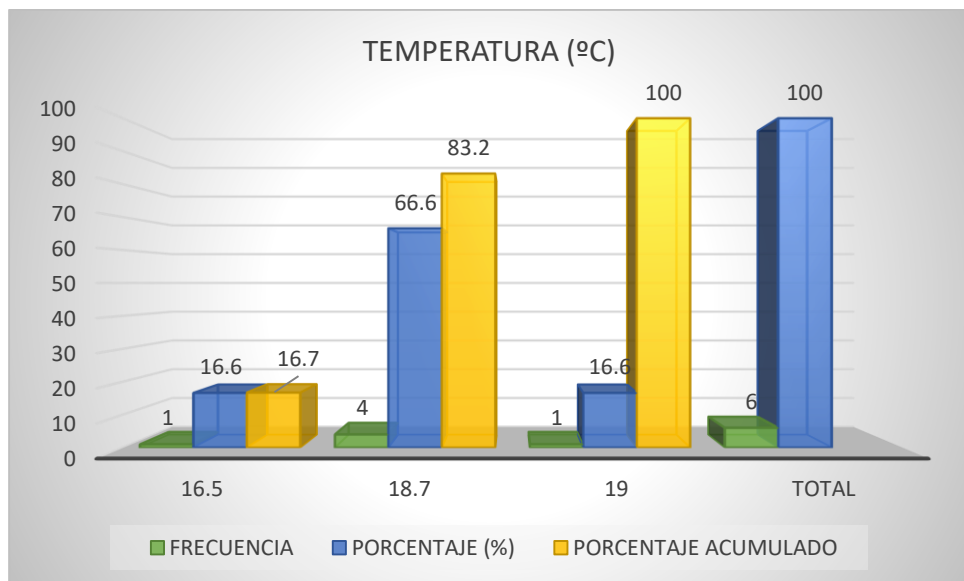
Tabla 9

T° del efluente de la PTAR

T° (°C)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
16,5	1	16,6	16,7
18,7	4	66,6	83,2
19,0	1	16,6	100,0
TOTAL	6	100,0	

Figura 7

Temperatura del efluente de la PTAR



#### Interpretación:

El valor de parámetro es variable en los puntos de monitoreo, se observa que la temperatura más elevada es de 19,0°C.

### 3.2.4.2. pH

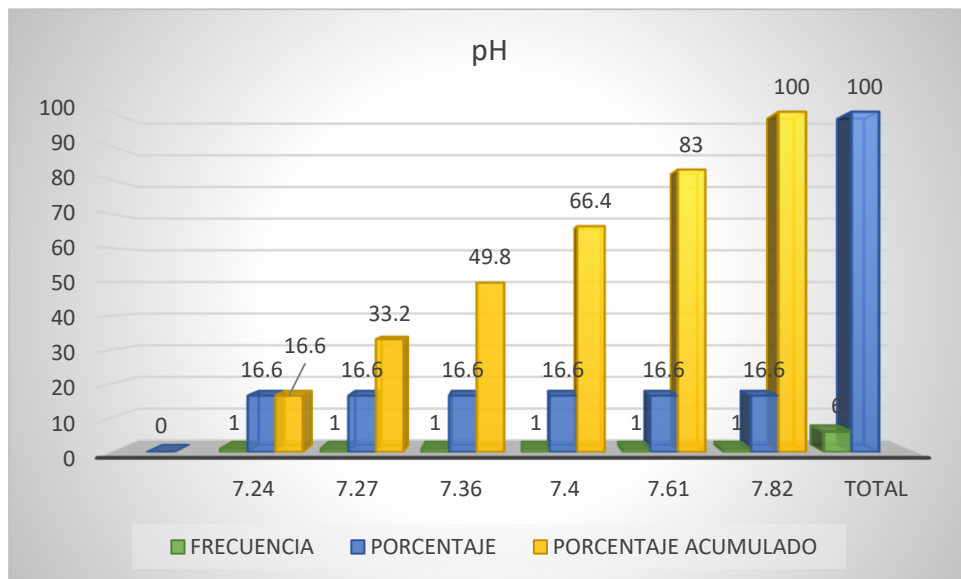
Los datos se muestran en la Tabla adjunta

Tabla 10  
pH del efluente

pH	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
7,24	1	16,6	16,6
7,27	1	16,6	33,2
7,36	1	16,6	49,8
7,40	1	16,6	66,4
7,61	1	16,6	83,0
7,82	1	16,6	100,0
TOTAL	6	100,0	

Figura 8

pH del efluente



#### Interpretación:

En el mes de Julio se registró el valor más bajo 7,24 y en el mes de diciembre el valor más alto de pH fue de 7,82.

### 3.2.4.3. Sólidos Suspendidos Totales

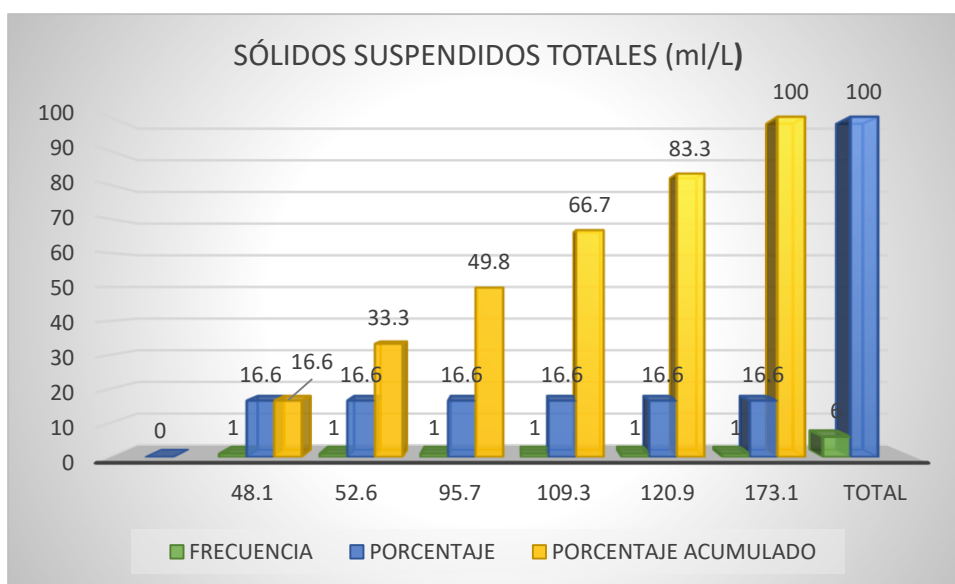
Tabla 11

Sólidos Suspendidos Totales

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
48,1	1	16,6	16,6
52,6	1	16,6	33,3
95,7	1	16,6	49,8
109,3	1	16,6	66,7
120,9	1	16,6	83,3
173,1	1	16,6	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>	

Figura 9

Sólidos Suspendidos Totales



#### Interpretación:

En el mes de Julio se registró el valor más bajo 48,1 ml/L y en el mes de diciembre el valor más alto de SST fue de 173,1 mg/L.

### 3.2.4.4. DBO<sub>5</sub>

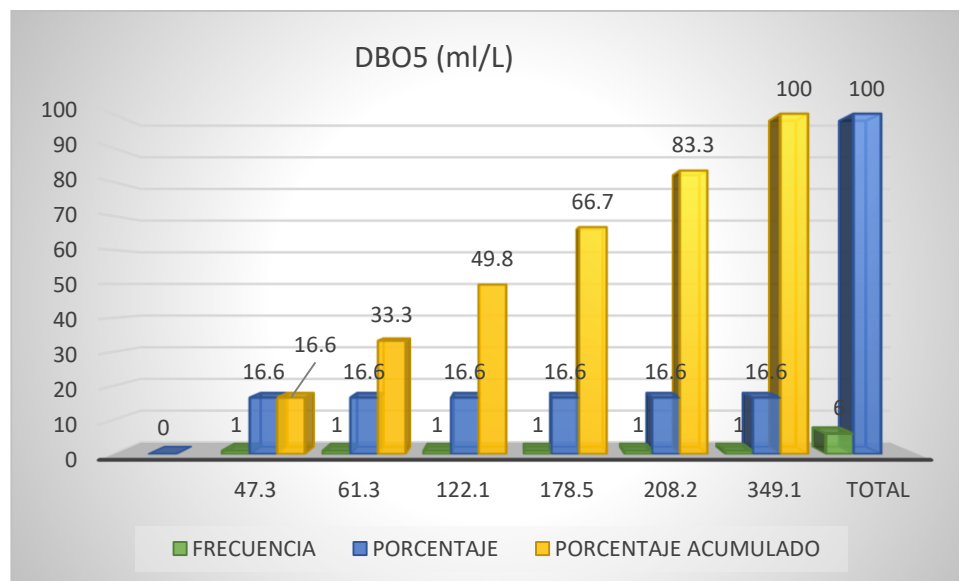
Tabla 12

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

DBO <sub>5</sub> (ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
47,3	1	16,6	16,6
61,3	1	16,6	33,3
122,1	1	16,6	49,8
178,5	1	16,6	66,7
208,2	1	16,6	83,3
349,1	1	16,6	100,0
TOTAL	6	100,0	

Figura 10

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)



#### Interpretación:

En el mes de Julio se registró el valor más bajo 43,3 ml/L y en el mes de diciembre el valor más alto de DBO<sub>5</sub> fue de 349,1 mg/L.

### 3.2.4.5. DQO

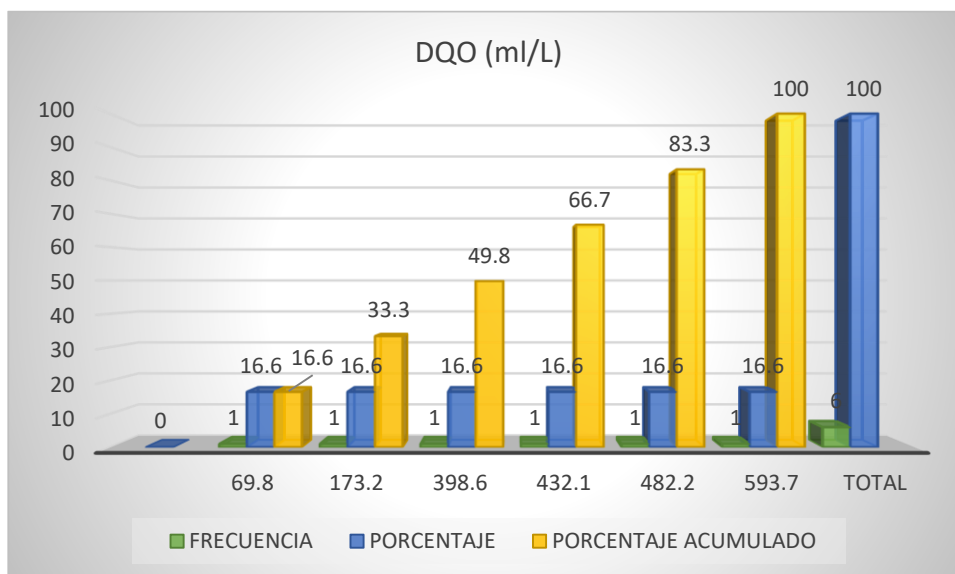
Tabla 13

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

DQO (ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
69,8	1	16,6	16,6
173,2	1	16,6	33,3
398,6	1	16,6	49,8
432,1	1	16,6	66,7
482,2	1	16,6	83,3
593,7	1	16,6	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>	

Figura 11

Demanda Química de Oxígeno (DQO)



#### Interpretación:

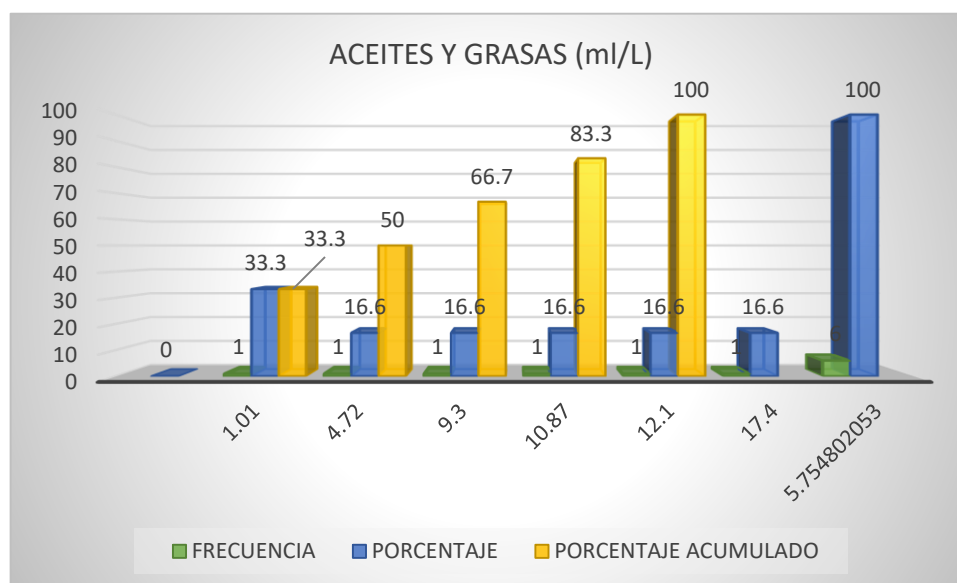
En el mes de Julio se registró el valor más bajo 69,8 ml/L y en el mes de diciembre el valor más alto de DQO fue de 593,7 mg/L.

### 3.2.4.6. Aceites y grasas

Tabla 14  
Aceites y grasas

ACEITES Y GRASAS (ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
1,01	1	33,3	33,3
4,72	1	16,6	50,0
9,30	1	16,6	66,7
10,87	1	16,6	83,3
12,1	1	16,6	100,0
17,4	1	16,6	
TOTAL	6	100,0	

Figura 12  
Aceites y grasas



#### Interpretación:

En el mes de Julio se registró el valor más bajo 1,01 ml/L y en mes de diciembre el valor más alto de Aceites y Grasas fue de 17,4 mg/L.

### 3.2.4.7. Nitratos

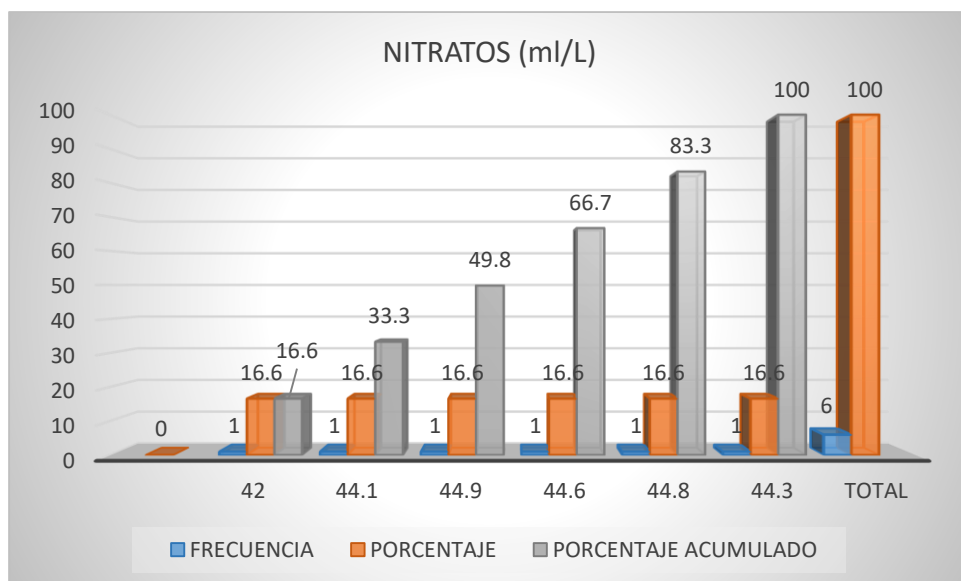
Tabla 15

Nitratos (mg/L)

NITRATOS (ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
42,0	1	16,6	16,6
44,1	1	16,6	33,3
44,9	1	16,6	49,8
44,6	1	16,6	66,7
44,8	1	16,6	83,3
44,3	1	16,6	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>	

Figura 13

Nitratos (mg/L)



#### Interpretación:

En el mes de Julio se registró el valor más bajo 42,0 ml/L y en mes de Setiembre el valor más alto de Nitratos fue de 44,9 mg/L.

### 3.2.5. Parámetros microbiológicos del efluente

Para evaluar los parámetros microbiológicos se ha tenido en cuenta los ensayos y normas de referencias (Tabla adjunta).

Tabla 16

#### Parámetros microbiológicos

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TITULO
Huevos de Helmintos	OMS 1997	Método Bailenger Modificado. Recuento de parásitos y protozoarios.
Coliformes fecales	SM 9221 E	Fecal coliform procedure
Coliformes Totales	SM 9221B	Total coliform fermentation technique

Fuente: APHA, AWWA, WEF 22 st Ed., 2012

#### 3.2.5.1. Procedimiento

- Medir 10 ml de muestra de agua y añadir 90 ml de agua peptona para homogenizar el contenido.
- Dilución de  $10^{-2}$ , agitar y con una pipeta esterilizada tomar 1 ml de la dilución añadiéndolo a un tubo de ensayo que contiene 9 ml de diluyente, mezclar.
- Dilución  $10^{-3}$ , adicionar 1 ml de la dilución a un tubo de ensayo que contiene 9 ml. Mezclar.

### 3.2.5.2. Determinación de Coliformes Termotolerantes

La Tabla adjunta muestra estos resultados.

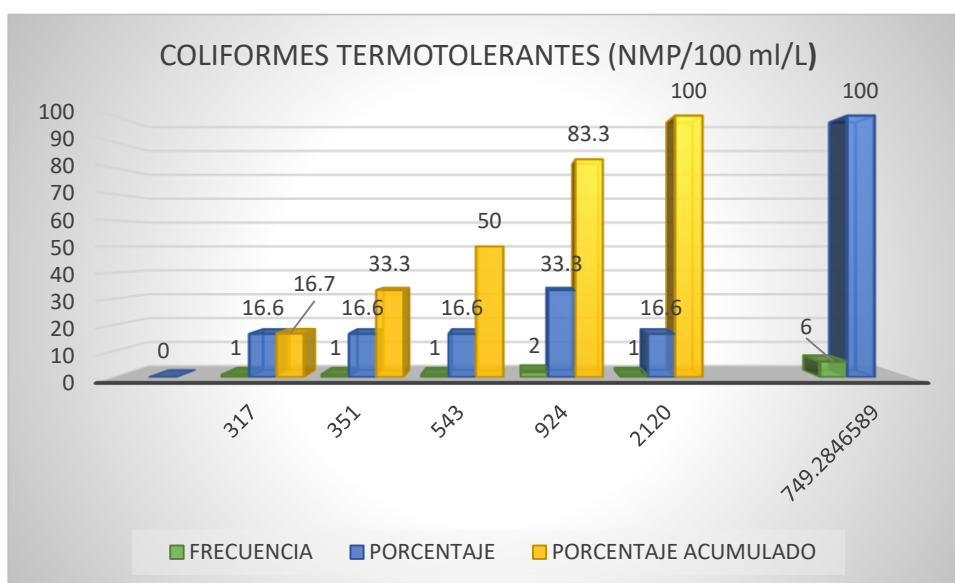
Tabla 17

Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100 ml/L)	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE ACUMULADO
372,00	1	16,6	16,7
351,00	1	16,6	33,3
543,00	1	16,6	50,0
924,00	2	33,3	83,3
2120,00	1	16,6	100,0
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>100,0</b>	

Figura 14

Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)



#### Interpretación:

En el mes de Agosto se registró el valor más bajo 351,00 NMP/100 ml/L y en mes de diciembre el valor más alto de Coliformes termotolerantes fue de 2120,00 NMP/100 mg/L.

### 3.2.3. Comparación del efluente de la PTAR con el LMP y ECA

Se detallan en las tablas adjuntas.

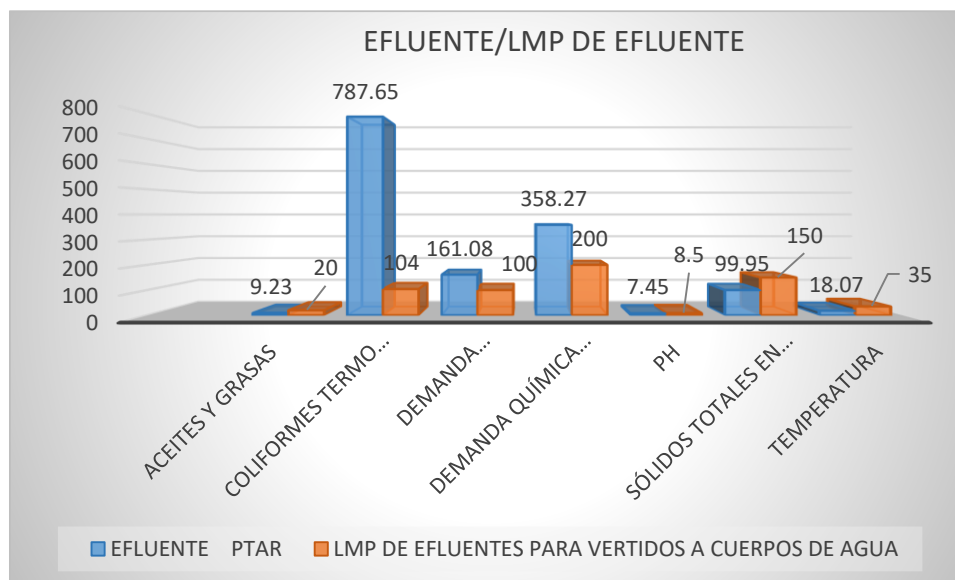
Tabla 18

Comparación del Efluente PTAR y LMP Efluente para vertidos de cuerpos de agua

PARAMETROS	EFLUENTE PTAR (PROMEDIO)	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	16,47	20 mg/L
Coliformes termotolerantes	810,33	10 000 NMP/ 100 ml
Demanda Bioquímica de Oxígeno	161,083	100 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	358,266	200 mg/L
pH	7,45	6,5 – 8,5
Sólidos totales en Suspensión	161,00	150 mL/L
Temperatura	18,066	< 35,0

Figura 15

Comparación del Efluente PTAR y LMP Efluente para vertidos de cuerpos de agua



#### Interpretación:

El parámetro fisicoquímico de Demanda Química de Oxígeno, SST y los Coliformes termotolerantes exceden los valores de los LMP.

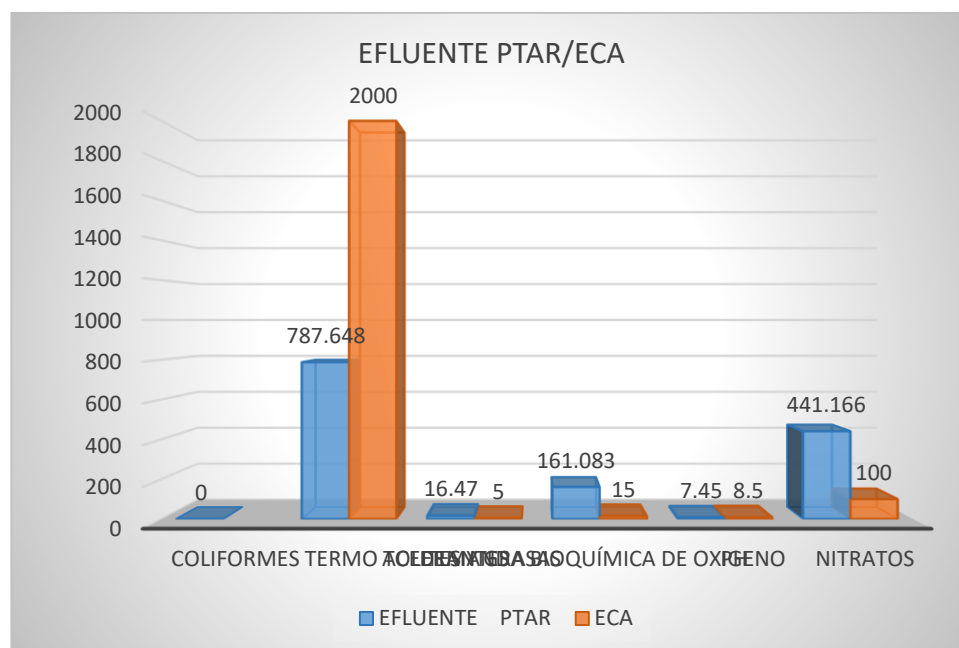
Tabla 18

Comparación del Efluente PTAR y LMP Efluente para vertidos de cuerpos de agua

PARAMETROS	EFLUENTE PTAR (PROMEDIO)	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y grasas	16,47	20 mg/L
Coliformes termotolerantes	810,33	10 000 NMP/ 100 ml
Demanda Bioquímica de Oxígeno	161,083	100 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	358,266	200 mg/L
pH	7,45	6,5 – 8,5
Sólidos totales en Suspensión	161,00	150 mL/L
Temperatura	18,066	< 35,0

Figura 16

Comparación del Efluente PTAR y ECA: Riego de vegetales y bebidas de animales (agua para riego restringido)



**Interpretación:**

El parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno exceden, los aceites y grasas y los Coliformes Termotolerantes exceden los valores del ECA.

### 3.3. ENCUESTA A LOS AGRICULTORES DEL VALLE DE ICA

#### 3.3.1. Agricultores del CC.PP. San Jacinto

Distrito: Ica, Provincia: Ica, Región: Ica

Ubigeo: 110101

Latitud Sur: 14° 8' 42.7" S (-14.14520829000)

Longitud Oeste: 75° 44' 42.7" W (-75.74519940000)

Altitud: 390 m s. n. m.

Figura 17

Cauce San Jacinto



Cauce San Jacinto, se puede apreciar el curso de los efluentes ya tratados, los mismos que son aprovechados por los agricultores aledaños para regadío de plantas de tallo alto. (Pécanos, paltos, maíz híbrido, algodón).

Figura 18

Agricultor de San Jacinto



1. ¿La parcela agrícola que Ud. tiene es?

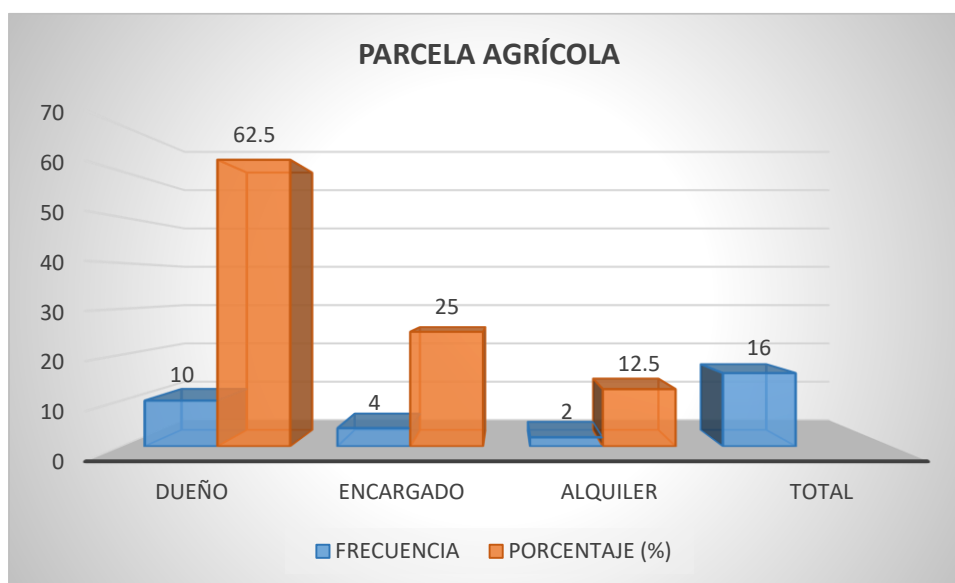
Tabla 20

Parcela agrícola

PARCELA AGRÍCOLA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Dueño	10	62,5
Encargado	4	25,0
Alquiler	2	12,5
TOTAL	16	

Figura 19

Parcela agrícola



**Interpretación:**

El 62,5% de los agricultores indican que son dueños de sus parcelas de cultivo, el 25,0% son encargados y el 12,5 % señalan que alquilan la parcela.

2. ¿Qué cultivos siembra en su parcela?

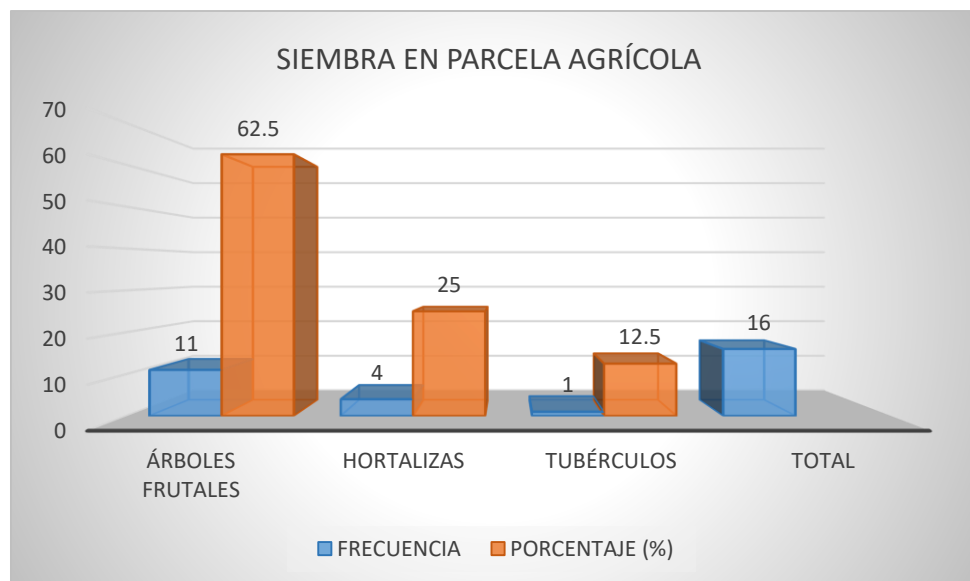
Tabla 21

Siembra en parcela agrícola

SIEMBRA PARCELA AGRÍCOLA	EN FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Árboles frutales	11	62,5
Hortalizas	4	25,0
Tubérculos	1	12,5
TOTAL	16	

Figura 20

Siembra en parcela agrícola



**Interpretación:**

El 62,5% de los agricultores indican que siembran árboles frutales, el 25,0% hortalizas y el 12,5 % señalan que siembran tubérculos.

3. ¿Regaría Ud., sus cultivos con agua residual tratada?

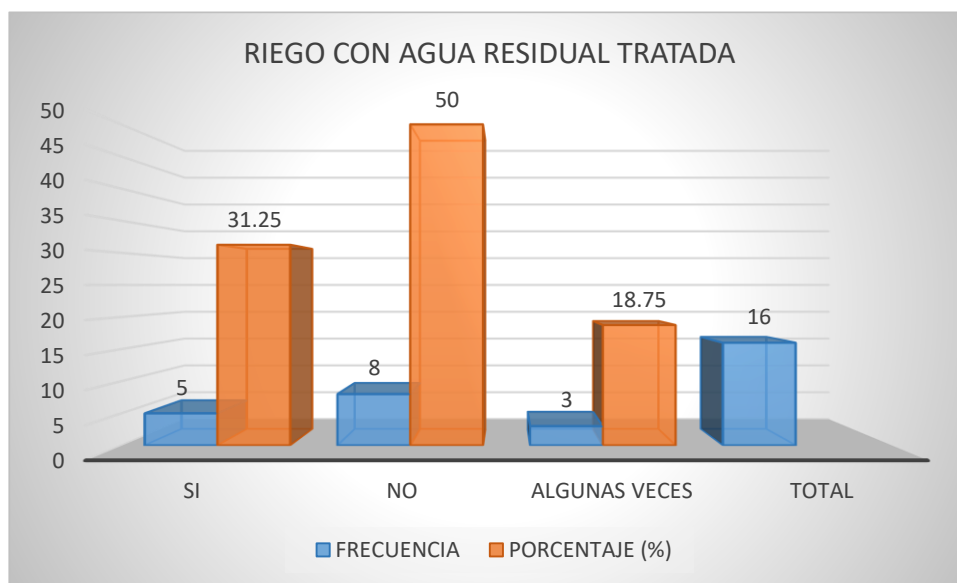
Tabla 22

Riego con agua residual tratada

RIEGO CON AGUA RESIDUAL TRATADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	5	31,25
No	8	50,0
Algunas veces	3	18,75
TOTAL	16	

Figura 21

Riego con agua residual tratada



**Interpretación:**

El 50,0% de los agricultores indican que no regarían sus cultivos con esta agua residual tratada, el 31,25 si lo harían y el 18,75 % señalan que algunas veces.

4. ¿Considera Ud. que el reúso que tiene el agua residual tratada en la agricultura es?

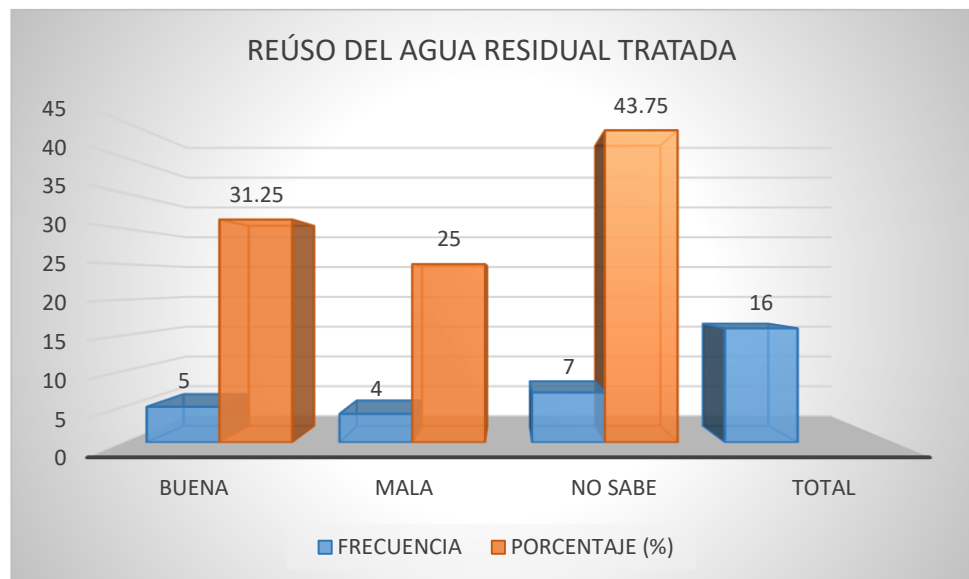
Tabla 23

Reúso del agua residual tratada

REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Buena	5	31,25
Mala	4	25,0
No sabe	7	43,75
TOTAL	16	

Figura 22

Reúso del agua residual tratada



**Interpretación:**

El 43,75% de los agricultores indican que no saben si el agua residual tratada se puede usar en la agricultura, el 31,25% dicen que es buena y el 25,0% señalan que es mala.

5. ¿Ha recibido información de la Junta de Usuarios o de otra entidad acerca del reúso del agua tratada?

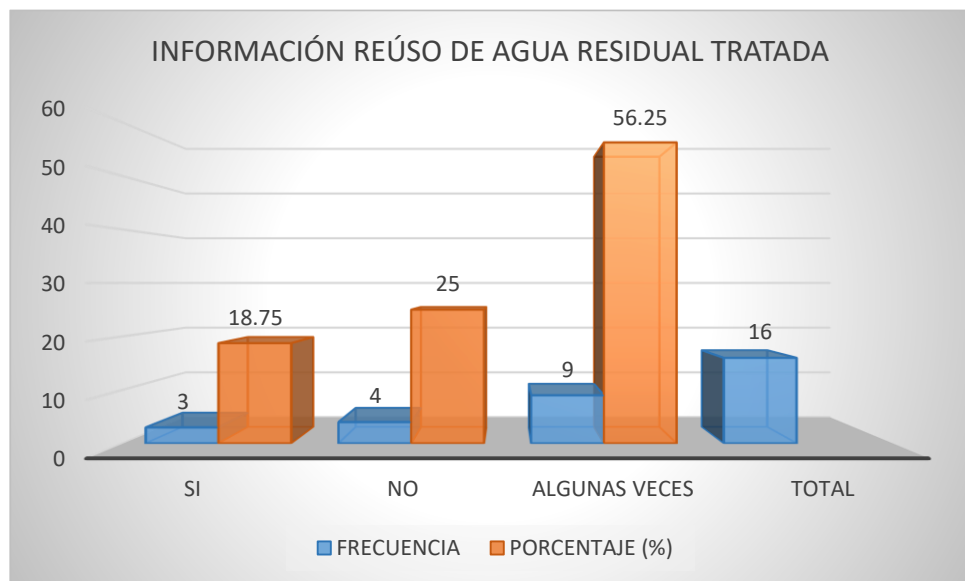
Tabla 24

Información sobre el reúso de agua residual tratada

INFORMACIÓN REÚSO DE AGUA RESIDUAL TRATADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	3	18,75
No	4	25,0
Algunas veces	9	56,25
TOTAL	16	

Figura 23

Información sobre el reúso de agua residual tratada



**Interpretación:**

El 56,25% de los agricultores indican que algunas veces han recibido información, el 25,0% dicen que no y el 18,75% señalan que sí.

6. ¿Cómo cree ud., que debe distribuirse el agua residual tratada?

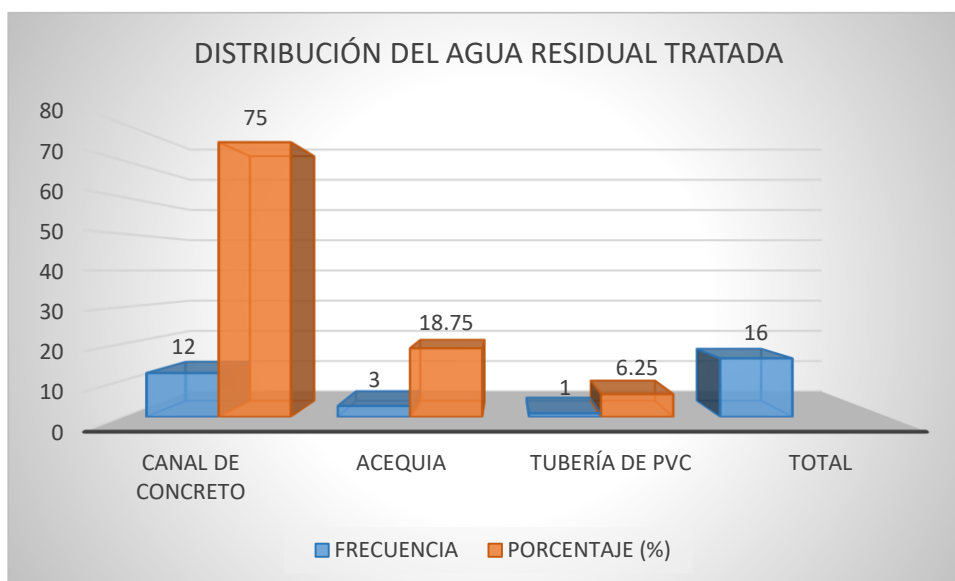
Tabla 25

Distribución del agua residual tratada

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Canal de concreto	12	75,0
Acequia	3	18,75
Tubería de PVC	1	6,25
TOTAL	16	

Figura 24

Distribución del agua residual tratada



**Interpretación:**

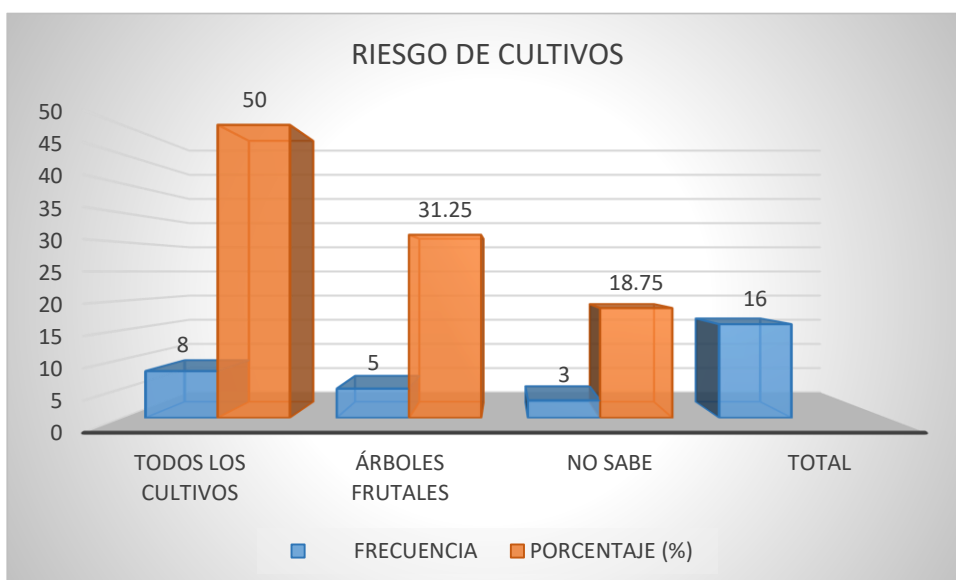
El 75,0% de los agricultores indican que se debe distribuir el agua mediante canales de concreto, el 18,7% a través de acequias y el 6,25% señalan por tuberías de PVC.

7. ¿Qué cultivos recomienda ud. que se debe regar con agua residual tratada?

Tabla 26  
Riego de cultivos

RIEGO DE CULTIVOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Todos los cultivos	8	50,0
Árboles frutales	5	31,25
No sabe	3	18,75
TOTAL	16	

Figura 25  
Riego de cultivos



**Interpretación:**

El 50,0% de los agricultores indican que se debe regar con agua residual tratada todos los cultivos, el 31,25% árboles frutales y el 18,75 % señalan que no saben.

8. ¿Cree ud. que el precio por m<sup>3</sup> del agua natural de riego, disminuiría si se usa como alternativa el agua residual tratada?

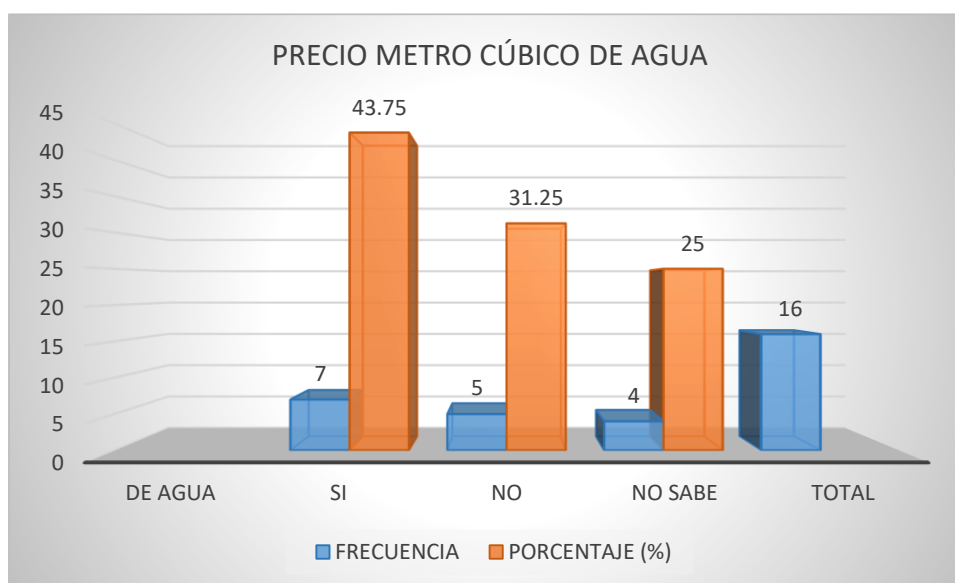
Tabla 27

Disminución de precio por m<sup>3</sup> de agua

PRECIO POR m <sup>3</sup> DE AGUA	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	7	43,75
No	5	31,25
No sabe	4	25,0
TOTAL	16	

Figura 26

Disminución de precio por m<sup>3</sup> de agua



**Interpretación:**

El 43,75% de los agricultores indican que disminuirían los precios por m<sup>3</sup> del agua natural, el 31,25% dice que no y el 25,0% señalan que no saben.

9. ¿Consumiría ud. productos agrícolas regados con agua residual tratada?

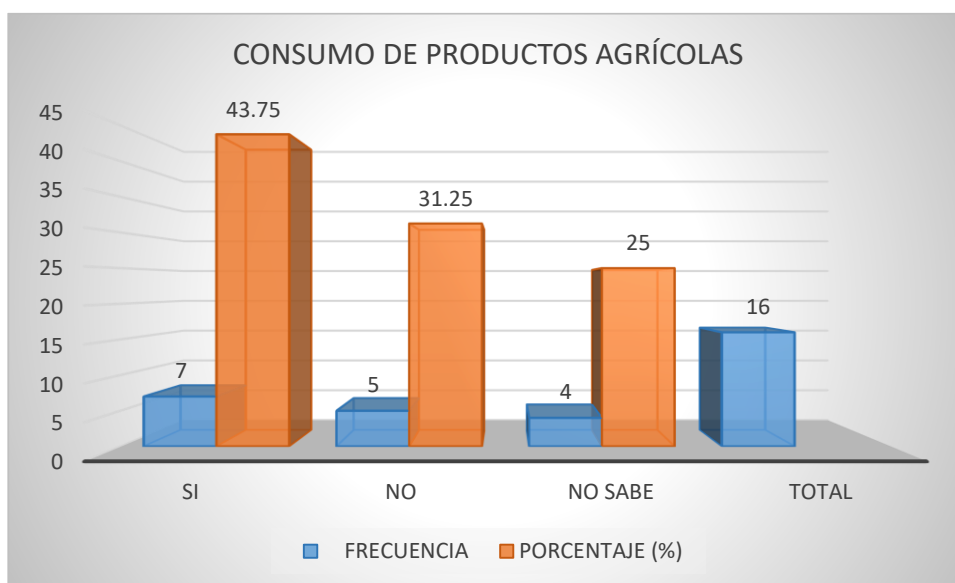
Tabla 28

Consumo de productos agrícolas

CONSUMO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	7	43,75
No	5	31,25
No sabe	4	25,0
TOTAL	16	

Figura 27

Consumo de productos agrícolas



**Interpretación:**

El 43,75% de los agricultores indican que si consumirían productos regados con agua residual tratada, el 31,25% dice que no y el 25,0% señalan que no saben.

10. ¿Considera Ud. que el reúso del agua residual tratada en el regadío permitirá que disminuyan los precios de los productos agrícolas en los mercados de abasto?

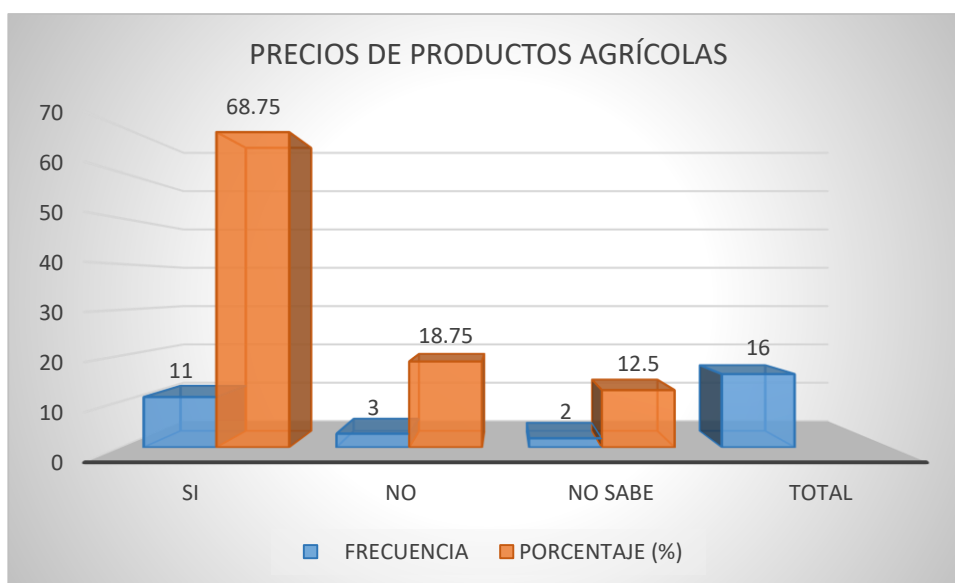
Tabla 29

Precios de productos agrícolas

PRECIOS DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	DE FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	11	68,75
No	3	18,75
No sabe	2	12,5
TOTAL	16	

Figura 28

Precios de productos agrícolas



**Interpretación:**

El 68,75% de los agricultores indican que los precios de los productos agrícolas disminuirían en el mercado de abasto, el 18,75% dice que no y el 12,5% señalan que no saben.

11. ¿Cree Ud. que el reúso de las aguas residuales tratadas, garantizaría la siembra y cosecha de cultivos todo el año en la agricultura de San Jacinto?

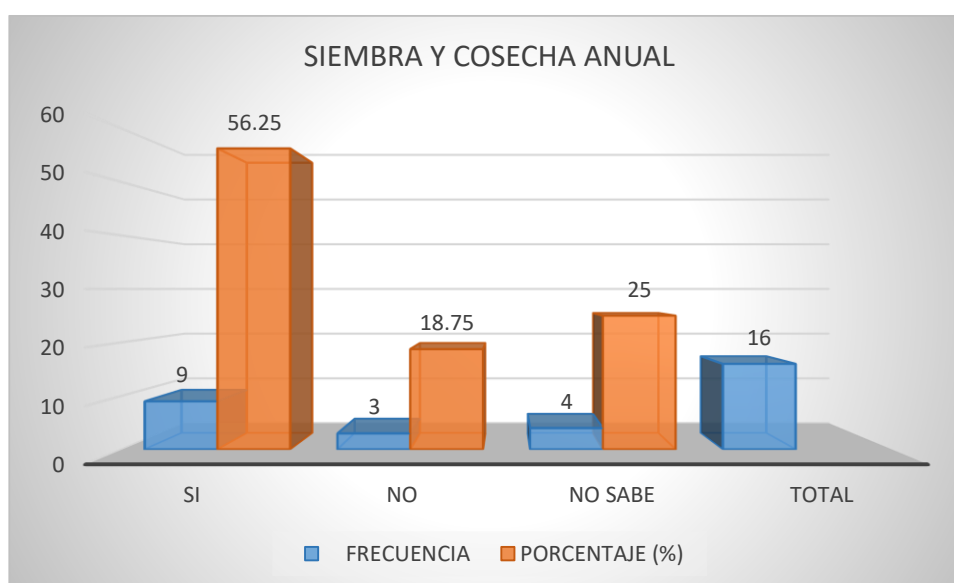
Tabla 30

Siembra y cosecha anual

SIEMBRA Y COSECHA ANUAL	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	9	56,25
No	3	18,75
No sabe	4	25,0
TOTAL	16	

Figura 29

Siembra y cosecha anual



**Interpretación:**

El 56,25% de los agricultores indican que si se garantizaría la siembra y cosecha anual de los productos agrícolas, el 18,75% dice que no y el 25,0 % señalan que no saben.

12.¿Considera ud. que es necesario hacer campañas de sensibilización para difundir las ventajas del reúso de las aguas residuales en la agricultura?

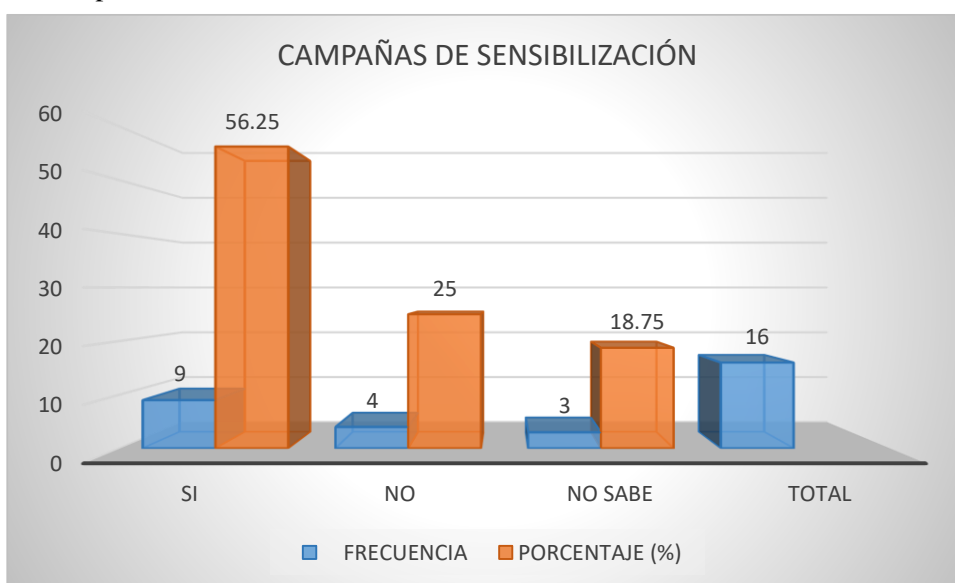
Tabla 31

Campañas de sensibilización

CAMPAÑAS DE SENSIBILIZACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE (%)
Si	9	56,25
No	4	25,0
No sabe	3	18,75
TOTAL	16	

Figura 30

Campañas de sensibilización



**Interpretación:**

El 56,25% de los agricultores indican que es necesario realizar campañas de sensibilización para el reúso de las aguas tratadas, el 25,0% dice que no y el 18,75% señalan que no saben.

### 3.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS DE PARAMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

#### 3.4.1. Estadísticos descriptivos de correlación bivariada de los parámetros fisicoquímicos

Se detallan en la Tabla adjunta.

Tabla 32  
Estadísticos descriptivos

PARAMETRO	N	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	ERROR MEDIO ESTANDAR
Temperatura (°C)	6	18,066	1,3651	0,55732
pH	6	7,45	0,2234	0,09120
Sólidos Suspendidos Totales (ml/L)	6	99,95	46,5311	18,9969
Demanda Bioquímica de Oxígeno (ml/L)	6	161,083	111,6213	45,5708
Demanda Química de Oxígeno (ml/L)	6	358,266	197,6507	80,6935
Aceites y Grasas (ml/L)	6	9,2333	5,7548	2,3494
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml/L)	6	787,648	816,1309	33,1962

Para la prueba de hipótesis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se ha utilizado la prueba T de Student

Para todos los parámetros se ha empleado:

gl = 5

95 % Intervalo de confianza

La Tabla adjunta, detalla estos valores

Tabla 33  
Prueba de hipótesis t-Student

PARAMETRO	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95 % Intervalo de Confianza	
					Inferior	Superior
TEMPERATURA	-5,397	5	0,03	-2,1666	-3,1984	-1, 1348
pH	-6,444	5	0,01	-0,5315	-0,7437	-0,3194
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	-1,076	5	0,33	-32,333	-109,5668	44,9031
DBO <sub>5</sub>	1,688	5	0,151	96,700	-50,493	243,899
DQO	2,024	5	0,09	163,383	-44,006	370,773
ACEITES Y GRASAS	-3,762	5	0,13	-11,650	-19,609	-3,690
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	2,715	5	0,042	804,036	43,156	1 564,916

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1.1. Parámetros fisicoquímicos

Los resultados promedios de los parámetros fisicoquímicos analizados en el Laboratorio:

- **Temperatura:** La temperatura de las aguas residuales domésticas es más elevado en relación al agua de consumo, ya que presenta el aporte de aguas calientes productos de las tareas domésticas, debe tener un valor medio de 15°C, en la investigación el valor promedio fue de 18,38°C (se encuentra por debajo de los LMP y el ECA), este valor puede ser perjudicial si se mezcla con otro cuerpo de agua porque puede afectar al hábitat de estas fuentes de agua. Asimismo, este aumento de T°, puede ocasionar que se agote el oxígeno disuelto, porque la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura.
- **pH:** El valor del pH de en el trabajo fue de 7,45 (dentro del rango de los LMP y ECA), las aguas residuales urbanas están próximo al neutro, si el pH excede al intervalo establecido puede alterar la composición modificando la vida biológica de las aguas naturales.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno:** La DBO<sub>5</sub> fue 161,03 mg/L supera los valores 15mg/L (ECA), la medida de este parámetro es importante porque permite determinar la calidad de aguas residuales y superficiales, ya que determina la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar la materia orgánica del agua y evaluar la eficiencia de la PTAR.
- **Demanda Química de Oxígeno:** La DQO fue de 358,266 (supera los valores de los LMP y ECA), este resultado determina que no sea apto para el vertimiento a un cuerpo de agua.

- **Aceites y grasas:** El valor de 16,47 mg/L (supera el valor del ECA), la característica principal de las aguas residuales es la presencia de grasas oxidándose fijándose al oxígeno disuelto generado anoxia puntuales que con la consecuente proliferación de microorganismos filamentosos, por su densidad inferior al agua flotan en la superficie del agua lo que dificulta el ingreso de oxígeno.
- **Sólidos Suspendidos Totales:** El valor de 161,00 mg/L (supera el límite de LMP), se determina que no existe un adecuado tratamiento del efluente, porque el vertimiento de agua residual generaría impactos en el sistema acuático del cauce San Jacinto.

#### 4.1.2. Parámetros bacteriológicos

**Coliformes termotolerantes:** El valor de 787,65, x 10<sup>4</sup> NMP/100 ml (excede los valores de los LMP y ECA). Se utilizan como indicadores de contaminación a las bacterias Coliformes, que se encuentran en el tracto gastrointestinal ocasionado enfermedades infecciosas y parasitarias y permanecen en el agua por más tiempo que las bacterias patógenas. Este valor indica que no se realiza una desinfección adecuada en la PTAR-Cachiche.

#### 4.1.3. Encuesta a los agricultores del CC.PP. San Jacinto

De la Tabla 21, el 62,5% de los agricultores indican que siembran árboles frutales, el 25,0% hortalizas y el 12,5 % señalan que siembran tubérculos, es importante indicar que el reúso de las aguas residuales tratadas debe ser utilizadas en plantas de tallo largo de acuerdo a la normativa vigente en nuestro país. De la Tabla 22, el 50,0% de los agricultores indican que no regarían sus cultivos con esta agua residual tratada, el 31,25 si lo harían y el 18,75 % y de la Tabla 23, el 43,75% de los agricultores indican que no saben si el agua residual tratada se puede usar en la agricultura, el 31,25% dicen que es buena y el 25,0 % señalan que es mala. Es necesario que la Junta de Usuarios de Agua y entidades del estado realicen campañas de información dando conocer los beneficios del agua residual tratada para que sea utilizada en la agricultura. Asimismo, en la Tabla 27, El 43,75% de los agricultores indican que disminuirían los precios por m<sup>3</sup> del agua natural, el 31,25% dice que no y el 25,0 % señalan que no saben. El Valle de Ica, utilizada para regar sus zonas de cultivo aguas superficiales y subterráneas, pero actualmente existe un déficit de agua, por lo que es necesario darle un valor agregado al agua residual tratada para minimizar la escasez de agua para riego.

Esto se confirma con los resultados de la Tabla 29, donde el 68,75% de los agricultores indican que los precios de los productos agrícolas disminuirían en el mercado de abasto, el 18,75% dice que no y el 12,5 % señalan que no saben, actualmente los agricultores para regar sus parcelas pagan por metro cubico de agua natural, por lo tanto, estos precios disminuirían si realizara el regadío con el agua residual garantizándoles la siembra y cosecha anual de sus productos como lo señala la Tabla 30, donde el 56,25% de los agricultores indican que si se garantizaría la siembra y cosecha anual de los productos agrícolas, el 18,75% dice que no y el 25,0 % señalan que no saben.

## V. CONCLUSIONES

1. En la PTAR-Cachiche, la evaluación en Laboratorio determino que los parámetros que no cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP) y Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas fueron los siguientes: DBO<sub>5</sub> con un valor de 161,083 mg/L, DQO con un valor de 358,266 mg/L, SST con un valor de 161,00 mL/L, Aceites y Grasas 16,47 mg/L y de Coliformes Termotolerantes con el valor de 787,65 X 10<sup>5</sup> NMP/100 mL.
2. Los parámetros que cumplen los Límites Máximos Permisibles (D.S.003-2010-MINAM) y Estándar de Calidad Ambiental (D.S.004-2017-MINAM) para efluentes para vertidos a cuerpos de aguas fueron: Temperatura 18,06°C, pH., lo que genera un impacto ambiental negativo.
3. Los resultados de la encuesta determino que el 50,00% de los agricultores indican que no regarían sus cultivos con esta agua residual tratada y el 43,75% de los agricultores indican que no saben si el agua residual tratada se puede usar en la agricultura, es preciso que la Junta de Usuarios de Agua y entidades del estado realicen campañas de información dando conocer las ventajas de las aguas residuales tratadas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. El efluente de la PTAR-Cachiche es regulada en función a los Límites Máximos Permisibles (LMP) para darle seguridad de haber cumplido con un tratamiento adecuado y el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que permiten determinar si el agua residual tratada servirá para uso agrícola.
2. Establecer Programas de monitoreo de los parámetros fisicoquímico y microbiológicos para que se garantice la calidad del agua residual tratada, que debe ser utilizada como reusó para el regadío de áreas agrícolas, garantizándose la calidad de los productos agrícolas que son destinados para consumo humano.
3. Realizar investigaciones de nuevas tecnologías para el sistema de tratamiento de aguas residuales más eficientes para el reuso de las aguas residuales en las actividades agrícolas de la región Ica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] M. C., Méndez Gómez. Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua Residuales de Arbeláez a partir del sistema de Deer Island Waste Water Treatment Plant. Tesis. Universidad Católica de Colombia. Bogotá, 2019.
- [2] J. E., Tróchez Balcazar. “Evaluación del potencial uso para riego del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ginebra Valle del Cauca”. Tesis. Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2018.
- [3] J., Rosillo Martínez. Manejo y uso del agua residual tratada para riego agrícola en la cabecera municipal de Santa María Del Río, San Luis Potosí. Tesis. 2017.
- [4] O. J. Odejobi, A. A. Oladunni, y A. O. Jegede, «Anaerobic treatment of wastewater using an upflow anaerobic sludge blanket reactor», *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 38, n.º 20, pp. 3011-3018, 2016, doi: 10.1080/15567036.2015.1129372.
- [5] D. F. C. Dias, R. G. Passos, V. A. J. Rodrigues, M. P. De Matos, C. R. S. Santos, y M. Von Sperling, «Performance evaluation of a natural treatment system for small communities, composed of a UASB reactor, maturation ponds (baffled and unbaffled) and a granular rock filter in series», *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 39, n.º 4, pp. 490-502, 2017, doi: 10.1080/09593330.2017.1304456.
- [6] L. Salazar Larrota, L. Uribe García, L. Gómez Torres, y C. Zafra Mejía, «Analysis of the efficiency of UASB reactors in a municipal wastewater treatment plant», *DYNA*, vol. 86, n.º 209, pp. 319-326, 2018, doi: 10.15446/dyna.v86n209.70332.
- [7] J. C., Callata Barrantes. (2021). “Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco-Huancané-Puno-2021”. Tesis Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. 2021

- [5] H. Suasnabar Buendia, «Estudio del tratamiento de aguas residuales municipales del barrio Ocopilla-Huancayo mediante un reactor uasb a nivel de laboratorio para la remocion de la carga organica», Univeridad Nacional del Centro del Perú, 2015.
- [6] R. L. Huaytalla Ramirez y M. Cruz Huaranga, «Eficiencia del Reactor Anaerobio de Manto de Lodos de Flujo Ascendente ( UASB ) a escala piloto en el Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas provenientes de la comunidad de Carapongo - Lurigancho , Chosica», *Rev. Ciencia, Tecnol. y Desarro.*, vol. 2, n.º 1, pp. 7-23, 2016, doi: <https://doi.org/10.17162/rictd.v2i1.628>.
- [7] D. M. Castillo Wong y R. G. Marceliano Bonifacio, «Análisis y Optimización del Tratamiento de Aguas Residuales mediante el Sistema de Reactores UASB, en la PTAR “Centro Sur A”, Provincia del Santa, Departamento de Ancash», 2017.
- [8] D. C. Canales Villa, «Eficiencia de un reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) para el tratamiento de aguas residuales», 2019.
- [9] E. Montoya, «Evaluación de alternativas para la instalación de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de riego agrícola en el sub sector San Agustín – Callao (Perú)», Universidad Nacional Agraria La Molina, 2007.
- [10] A. J. Sorinolu, N. Tyagi, A. Kumar, y M. Munir, «Antibiotic resistance development and human health risks during wastewater reuse and biosolids application in agriculture», *Chemosphere*, vol. 265, p. 129032, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.129032.
- [11] UNESCO, «El agua en un mundo en constante cambio. El 3er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo», 2016.
- [12] P. Burek *et al.*, «Water Futures and Solution Fast Track Initiative-Final Report», Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)., 2016.
- [13] WWAP, «Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales, el recurso desaprovechado.», 2017.
- [14] P. Lizana Yarlequé, «Tratamiento de Aguas Residuales para el Caserío Villa Palambla»,

Universidad de Piura, 2018.

- [15] MINAM, «Manual de buenas prácticas en la investigación de sitios contaminados, muestreo de aguas subterráneas», p. 22, 2016.
- [16] E. Ayesa Iturrate y M. A. Larrea Urcola, «Optimización del diseño, operación y control de las EDAR utilizando modelos matemáticos y herramientas de simulación», *Tecnol. del Agua*, vol. 25, n.º 266, pp. 74-79, 2005.
- [17] A. Libutti *et al.*, «Agro-industrial wastewater reuse for irrigation of a vegetable crop succession under Mediterranean conditions», *Agric. Water Manag.*, vol. 196, pp. 1-14, 2018, doi: 10.1016/j.agwat.2017.10.015.
- [18] J. Supo, *Cómo escribir una tesis: Redacción del informe final de tesis*, Primera Ed. Lima - Perú: BIOESTADISTICO EIRL, 2015.
- [19] R. . Hernández, C. & Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la investigación*. México D.F., 2016.
- [4] J. C., Callata Barrantes. “Evaluación y propuesta del sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad del distrito de Taraco-Huancané-Puno-2021”. Tesis- Universidad Cesar Vallejo. Lima, 2021.
- [5] M., Núñez Figueroa. “Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la Ciudad de Cajabamba - Cajamarca. Alternativas para mejorar su tratamiento”. Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, 2019.
- [6] C. A., Hidalgo Nolasco. “Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Barrio el Milagro Huaraz-Ancash 2018”. Tesis. Universidad Cesar Vallejo. Huaraz, 2018.
- [7] MVCS-MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2009. 56

- [8] J.A., ROMERO. Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño. . S.l.: s.n. ISBN 958-8060-13-3. 2005.
- [9] ANA-AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2016. Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas. [en línea], pp. 1-230.  
Disponibile en:  
[https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual\\_de\\_buenas\\_practicas\\_p  
ara\\_el\\_uso\\_seguro\\_y\\_productivo\\_de\\_las\\_aguas\\_residuales\\_domesticas.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf).
- [10] Norma OS. 090. *Diario oficial* [en línea], pp. 1-68.