



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS Y
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE RIEGO UTILIZANDO UN
GENERADOR DE OXÍGENO MEDIANTE MICROBURBUJAS EN EL
VIVERO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

AUTORAS:

Cancho Ccaico, Erika ORCID 0000-0002-5998-8223

Obregón Príncipe, Morelia ORCID 0000-0002-7171-8066

ASESORA:

M.Sc. Ing. María Aliaga Martínez

ORCID 0000-0003-2767-4825

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima - Perú

2018

PÁGINA DEL JURADO



ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F07-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
(a) Enrique Guicho Cepico y Mirella Obregon Peinino
cuyo título es: "MEDICAMENTO DE LOS PARÁMETROS CATALIZES Y MICROORGANISMOS
DEL FEHA DE ARICA UTILIZANDO UN CONJUNTO DE DATOS MEDIANTE
ANÁLISIS DE DATOS EN EL PERIODO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 1.6 (número)
dieciseis (letras).

Los Olivos... 15 de DICIEMBRE del 2018.

PRESIDENTE
Mg. Wilber Quijano Pacheco

VOCAL
M.Sc. María Aliaga Martínez

SECRETARIO
Mg. Juan Peralta Medina

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera y a nuestros padres por su apoyo incondicional y sus consejos para ser de nosotras una mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, por habernos guiado a lo largo de nuestra carrera y ser luz en cada paso que damos.

A nuestra familia, en especial a nuestros padres, los señores Laura Ccaico Cáceres, Zahid Lupe Príncipe Gómez y Alejandro Obregón Cortez, quienes nos han brindado su amor infinito y han estado presente inculcándonos los valores necesarios para ser mejores personas y profesionales. Y a nuestros hermanos: Marco Antonio Obregón Príncipe, Marilyn Obregón Príncipe y Fernando Roca Ccaico, quienes nos ayudaron con sus palabras de alientos a seguir adelante.

Asimismo, nuestra gratitud a todo el personal del vivero Pro- Lima de Los Olivos, quienes nos apoyaron constantemente en la realización del proyecto, facilitándonos el acondicionamiento de la zona.

De igual manera, nuestros agradecimientos a la Universidad César Vallejo por ser nuestra alma mater y a sus excelentes docentes, en particular a la ingeniera María Aliaga Martínez por ser nuestra asesora.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotras, **Cancho Ccaico Erika** y **Obregón Príncipe Morelia**, identificadas con DNI N°74884467 y N°76188398 respectivamente, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo Lima Norte, facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que toda la documentación es veraz y auténtica.

Asimismo, también declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

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



Cancho Ccaico Erika

DNI: 74884467



Obregón Príncipe Morelia

DNI: 76188398

Lima, diciembre del 2018

PRESENTACIÓN

Señores.

Miembros del jurado

Presentamos ante ustedes la Tesis Titulada **“Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego, utilizando un generador de oxígeno mediante microburbujas en el vivero Municipal de Los Olivos – 2018”**, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Título de la Universidad César Vallejo Lima Norte para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Las autoras.

ÍNDICE

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| PÁGINA DEL JURADO | II |
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTO | IV |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD | V |
| PRESENTACIÓN | VI |
| RESUMEN | XIV |
| ABSTRACT | XV |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Realidad Problemática | 2 |
| 1.2 Antecedentes | 3 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema | 5 |
| 1.3.1 Canales de riego y acequias | 5 |
| 1.3.2 Agua residual | 6 |
| 1.3.2.1 Caracterización físico-químico del agua residual | 6 |
| 1.3.2.2 Caracterización microbiológica del agua residual | 9 |
| 1.3.3 Agua de riego | 14 |
| 1.3.4 Calidad del agua de riego | 15 |
| 1.3.5 Aireación al agua | 16 |
| 1.3.5.1 Beneficios del oxígeno disuelto en el agua | 16 |
| 1.3.5.2 Transferencia de oxígeno | 17 |
| 1.3.6 Tecnologías generadoras de oxígeno | 19 |
| 1.3.6.1 Generadores de oxígeno mediante microburbujeo | 19 |
| 1.3.7 Caracterización de las microburbujas | 24 |
| 1.3.7.1 Tamaño | 24 |
| 1.3.7.2 Presión interna | 24 |
| 1.3.7.3 Velocidad de ascenso | 25 |
| 1.3.7.4 Estabilidad | 25 |
| 1.4 Formulación del problema | 26 |
| 1.4.1 Problema General | 26 |
| 1.4.2 Problemas Específicos | 26 |
| 1.5 Justificación del estudio | 26 |
| 1.5.1 Ambiental | 26 |
| 1.5.2 Social | 26 |
| 1.5.3 Teórico | 26 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.4 Práctico | 27 |
| 1.5.5 Económico | 27 |
| 1.6 Hipótesis | 27 |
| 1.6.1 Hipótesis General | 27 |
| 1.6.2 Hipótesis Específicas | 27 |
| 1.7 Objetivos | 28 |
| 1.7.1 Objetivo General | 28 |
| 1.7.2 Objetivos Específicos | 28 |
| CAPÍTULO II: MÉTODO | 29 |
| 2.1 Diseño de investigación | 29 |
| 2.2.1 Variables | 30 |
| 2.2.2 Operacionalización | 31 |
| 2.3 Población y muestra | 32 |
| 2.3.1 Población | 32 |
| 2.3.2 Muestra | 32 |
| 2.4 Metodología de la investigación | 32 |
| 2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 41 |
| 2.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 41 |
| 2.5.2 Validez | 41 |
| 2.5.3 Confiabilidad | 42 |
| 2.6 Métodos de análisis de datos | 42 |
| 2.7 Aspectos éticos | 43 |
| CAPÍTULO III: RESULTADOS | 44 |
| 3.1 Resultado de los Análisis de laboratorio: muestra inicial | 44 |
| 3.2 Resultados de la caracterización de las microburbujas | 45 |
| 3.3 Resultado de los Análisis de laboratorio: muestras de tratamientos | 46 |
| 3.4 Resultado descriptivo de los parámetros químicos - microbiológicos | 47 |
| 3.5 Eficiencia del tratamiento de oxigenación mediante microburbujas | 57 |
| 3.6 Eficiencia de la máquina mediante el método de transferencia de oxígeno | 61 |
| 3.7 Resultados estadísticos | 62 |
| IV. DISCUSIÓN | 75 |
| V. CONCLUSIONES | 77 |
| VI. RECOMENDACIONES | 78 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 79 |
| ANEXOS | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Estándares de Calidad del agua para riego..... | 15 |
| Tabla 2. Matriz operacional de variables | 31 |
| Tabla 3. Técnica e instrumentos de recolección de datos | 41 |
| Tabla 4. Promedio de Validación | 42 |
| Tabla 5. Resultados de la muestra inicial del agua de la acequia Pro-Lima..... | 44 |
| Tabla 6. Microorganismos identificados en el laboratorio del agua residual de la acequia Pro-Lima | 44 |
| Tabla 7. Resultado de la caracterización de las microburbujas de las piedras difusoras..... | 46 |
| Tabla 8. Resultados de la muestra del tratamiento de 2 horas del agua de la acequia Pro-Lima | 46 |
| Tabla 9. Resultados de la muestra con tratamiento de 4 horas del agua de la acequia Pro-Lima ... | 46 |
| Tabla 10. Resultados de la muestra con tratamiento de 6 horas del agua de la acequia Pro-Lima . | 47 |
| Tabla 11. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en distintas horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos..... | 57 |
| Tabla 12. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 2 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos | 57 |
| Tabla 13. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 4 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos | 58 |
| Tabla 14. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 6 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos | 58 |
| Tabla 15. Prueba T de muestra única para el generador de oxígeno mediante microburbujas. | 63 |
| Tabla 16. Prueba de muestras relacionadas..... | 65 |
| Tabla 17. Análisis de varianza para el parámetro OD..... | 66 |
| Tabla 18. Prueba de Tukey del parámetro OD en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas..... | 67 |
| Tabla 19. Análisis de varianza para el parámetro DBO | 67 |
| Tabla 20. Prueba de Tukey del parámetro DBO en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas..... | 68 |
| Tabla 21. Análisis de varianza para el parámetro Aceites y grasas..... | 68 |
| Tabla 22. Prueba de Tukey del parámetro de aceites y grasas en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas. | 69 |
| Tabla 23. Análisis de varianza para el parámetro pH..... | 69 |
| Tabla 24. Prueba de Tukey del parámetro de pH en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas..... | 70 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 25. Análisis de varianza para el parámetro nitritos y nitratos. | 70 |
| Tabla 26. Prueba de Tukey del parámetro de nitritos y nitratos en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas. | 71 |
| Tabla 27. Análisis de varianza para el parámetro de Sulfatos..... | 71 |
| Tabla 28. Prueba de Tukey del parámetro de sulfato en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas..... | 72 |
| Tabla 29. Análisis de varianza para el parámetro de Coliformes termotolerantes | 72 |
| Tabla 30. Prueba de Tukey del parámetro de Coliformes termotolerantes en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas. | 73 |
| Tabla 31. Análisis de varianza para el parámetro de Escherichia coli. | 73 |
| Tabla 32. Prueba de Tukey del parámetro de Escherichia coli en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas. | 74 |

TABLA DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Diseño de un circuito generador de oxígeno a microburbuja | 35 |
| Figura 2. Biorreactor de generación de microburbujas alejado de la luz | 36 |
| Figura 3. Generadoras de microburbujas que puedan desplazar los actuales sistemas de tratamientos primarios y secundarios..... | 37 |
| Figura 4. Tecnología de microburbujas y los lodos activados | 38 |
| Figura 5. Piedra difusora de oxígeno de 5 cm de diámetro | 38 |
| Figura 6. Funcionamiento del sistema con piedras difusoras de oxígeno | 39 |
| Figura 7. Propuesta de diseño del generador de oxígeno a microburbujas | 44 |
| Figura 8. Diseño completamente al azar | 45 |
| Figura 9. Ubicación del canal de regadío del Vivero Municipal de Los Olivos | 47 |
| Figura 10. Remoción de plantas | 48 |
| Figura 11. Poza trapezoidal..... | 48 |
| Figura 12. Zanja alrededor de las pozas | 48 |
| Figura 13. Llenado de poza | 49 |
| Figura 14. Residuos filtrados | 49 |
| Figura 15. Toma de la muestra inicial (agua residual)..... | 50 |
| Figura 16. Muestra de aceites y grasas..... | 50 |
| Figura 17. Muestra para DBO..... | 50 |
| Figura 18. Muestra para pH..... | 50 |
| Figura 19. Muestra para <i>E. coli</i> y coliformes termotolerantes | 51 |
| Figura 20. Muestra de OD con Sulfato de Manganeso. | 51 |
| Figura 21. Muestra de OD con Azida de Sodio. | 51 |
| Figura 22. Muestra de OD con reactivos incorporados..... | 51 |
| Figura 23. Observación de los microorganismos mediante el microscopio..... | 52 |
| Figura 24. Compresor de aire..... | 52 |
| Figura 25. Tubos, tapones y conexión “Y”. | 52 |
| Figura 26. Piedras oxigenadoras. | 53 |
| Figura 27. Manguera de pecera..... | 53 |
| Figura 28. Estructura del generador. | 53 |
| Figura 29. Generador de oxígeno..... | 54 |
| Figura 30. Ubicación del generador en el agua..... | 54 |
| Figura 31. Formación de espuma en la superficie de la poza..... | 54 |
| Figura 32. Fotografía con zoom de las burbujas. | 55 |
| Figura 33. Agua tratada durante 2 horas. | 55 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 34. Agua tratada durante 4 horas. | 55 |
| Figura 35. Agua tratada durante 6 horas. | 55 |
| Figura 36. Material para la toma de muestra final | 55 |
| Figura 37. Variación del parámetro oxígeno disuelto luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas | 65 |
| Figura 38. Variación del parámetro DBO luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas. | 66 |
| Figura 39. Variación del parámetro aceites y grasas luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas | 67 |
| Figura 40. Variación del parámetro pH luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas. | 68 |
| Figura 41. Variación del parámetro Nitritos+ Nitratos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas | 69 |
| Figura 42. Variación del parámetro Sulfato luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas. | 71 |
| Figura 43. Variación del parámetro Coliformes Termotolerantes luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas | 72 |
| Figura 44. Variación del parámetro <i>Escherichia coli</i> luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas 6 horas. | 73 |
| Figura 45. Variación de la eficiencia de los parámetros químicos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima | 76 |
| Figura 46. Variación de la eficiencia de los parámetros microbiológicos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima. | 77 |
| Figura 47. Comparación de la eficiencia de los parámetros luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima en distintos intervalos de tiempo..... | 78 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Ruta de la acequia Pro Lima..... | 87 |
| Anexo 2. Matriz de consistencia | 88 |
| Anexo 3. Informes de opinión de expertos de instrumentos de investigación..... | 88 |
| Anexo 4. Ficha de formato de toma de muestra inicial..... | 94 |
| Anexo 5. Formato de ficha de observación validado | 94 |
| Anexo 6. Características físicas del diseño del generador de oxígeno mediante microburbujas | 95 |
| Anexo 7. Resultado de Análisis Inicial por parte del laboratorio CERPER | 96 |
| Anexo 8. Resultados de Análisis final de tratamientos por parte del laboratorio CERPER | 97 |
| Anexo 9. Acta de Aprobación de originalidad de tesis visado por el coordinador de investigación..... | 112 |
| Anexo 10. Pantallazo del Software Turnitin visado por el coordinador de investigación..... | 113 |
| Anexo 11. Formulario de Autorización para la Publicación de la Tesis..... | 102 |

RESUMEN

La presente investigación se basó en la demostración de la eficiencia del generador de oxígeno de microburbujas con la ayuda de piedras difusoras, dicho generador realiza un tratamiento para mejorar la calidad de los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual para riego, obteniendo concentraciones aceptables de acuerdo con la Categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. El tratamiento de agua se realizó mediante el generador en la acequia Pro-Lima ubicado en el Vivero Municipal de Los Olivos, se identificó que la zona contaba con una baja calidad de agua para uso de riego, debido a las constantes descargas de efluentes domésticos de las casas aledañas al cauce de la acequia, la cual se encuentra con altas concentraciones de algunos contaminantes que la convierten en no apta para el uso en mención, dichas concentraciones son 3.085 mg/L de OD, 129.8mg/L de DBO, 41mg/L de sulfatos, 0.15 mg/L de nitritos y nitratos, pH de 7.4, aceites y grasas de 12.9 mg/L , 2 300 000 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes y 2 300 000 NMP/100 ml de *Escherichia coli*. Estas concentraciones no cumplen con lo establecido en la normativa ambiental, sin embargo, el recurso es usado para regar las plantas ornamentales del vivero. Los resultados obtenidos con el tratamiento de este nuevo diseño de un generador de oxígeno de microburbujas a través de piedras difusoras fueron exitosos, logrando demostrar que la máquina cuenta con una eficiencia de un 80% para mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual destinada para riego, destacando la optimización de un 98.5% de los parámetros microbiológicos.

Palabras claves: piedras difusoras, generador de oxígeno, microburbujas, calidad de agua para riego, tratamiento de agua residual.

ABSTRACT

The present investigation was based on the demonstration of the efficiency of the oxygen generator to microbubbles, with the help of diffuser stones, said generator performs a treatment to improve the quality of the chemical and microbiological parameters of the wastewater for irrigation, obtaining acceptable concentrations of according to Category 3 of the Environmental Quality Standards (ECA) for Water. The water treatment through the generator was carried out in the Pro-Lima ditch located in the Municipal Nursery of Los Olivos, it was identified that the area had a low water quality for irrigation use, due to the constant discharges of domestic effluents from the houses adjacent to the channel of the ditch, which is found with high concentrations of some pollutants that make it unfit for the use in question, these concentrations are 3,085 mg/L of OD, 129.8mg/L of BOD, 41mg/L sulfates, 0.15 mg/L nitrites and nitrates, pH 7.4, oils and fats of 12.9 mg/L, 2 300 000 NMP / 100 ml of thermotolerant coliforms and 2 300 000 NMP / 100 ml of Escherichia coli, these concentrations they do not comply with the established environmental regulations, however, this resource is used to irrigate the ornamental plants of the nursery. The results obtained with the treatment of this new design of a generator of oxygen to microbubbles through diffuser stones were successful, managing to demonstrate that the machine has an efficiency of 80% to improve the chemical and microbiological parameters of the wastewater destined for irrigation, highlighting the optimization of 98.5% of microbiological parameters.

Keywords: diffuser stones, oxygen generator, microbubbles, water quality for irrigation, wastewater treatment.

I. INTRODUCCIÓN

El agua de riego es uno de los recursos que con el paso del tiempo ha cobrado mayor importancia, a pesar de que antes fue considerado como infinito, hoy se puede asegurar que su inadecuada gestión en los últimos años lo ha convertido en un recurso limitado. Es por ello que, se buscan nuevas tecnologías que permitan reciclar el agua, cabe recalcar que hasta la fecha existen sin fin de tratamientos que te permiten mejorar la calidad, sin embargo, lo que se busca es presentar nuevas alternativas de tratamiento de agua más eficientes y menos costosas.

El tratamiento de agua residual es una de las prioridades para distintos sectores del país ya que, el uso de agua con una baja calidad puede traer consecuencias perjudiciales para el proceso en el que ingrese. Uno de los sectores más perjudicados por el uso de estas aguas es el sector agrícola, con daños irreversibles en los suelos y en cultivos.

En la provincia de Lima, distrito de Los Olivos se encuentra la acequia Pro-Lima, se ubica en una zona urbana, siendo alimentada por la cuenca del río Chillón y los efluentes domésticos de las casas que se encuentran alrededor de su cauce, los cuales se encargan de descargar constantemente a través de sus tuberías, degradando la calidad del agua hasta convertirla en aguas negras. Cercano a ella, se encuentra el Vivero Municipal de Los Olivos, donde usan el agua para regar, contando con un estado muy degradado.

Teniendo en cuenta lo dicho en el párrafo anterior, la acequia Pro-Lima es una fuente de agua de riego para las plantas del Vivero Municipal de Los Olivos, sin embargo, presenta restricciones debido a que, no cumple con los estándares de calidad ambiental para agua de riego de vegetales por ello, se propone un prototipo de generador de oxígeno de microburbujas siendo elemento fundamental las piedras difusoras de oxígeno, ayudando a mejorar la calidad de este recurso.

1.1 Realidad Problemática

La agricultura es una de las actividades económicas realizadas por el hombre que mayor demanda de agua tiene, esta actividad depende enteramente del recurso hídrico para generar cualquier tipo de producto. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (2012), indica que la agricultura consume un 69% de toda el agua dulce disponible en el mundo.

Durante los últimos años, la producción que se genera en la agricultura se ha visto afectada por la calidad y cantidad de agua que se le ha designado, según Burek (2014) el volumen de agua requerido para regadío irá en aumento según el paso de los años, de tal manera que para el 2050 se requerirá de este recurso de hasta un 23% a 42% más de lo que se consume en la actualidad (p.41).

Teniendo en cuenta la limitación del uso de agua para regadío, se plantearon algunas alternativas como la reutilización de agua residual, sin embargo, esta no cuenta con la calidad adecuada, en consecuencia, termina contaminando suelos y cosechas, dicho panorama se puede identificar en muchos puntos a nivel nacional. Lezama (2018) realizó una investigación de contaminación de agua de riego en tres puntos de la cuenca baja del río Moche (Trujillo), en base al análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encontró que la calidad de agua de esa zona no era la adecuada, de tal manera que contenía concentraciones de hasta 3.5 mg/L de oxígeno disuelto, 11.83 mg/L de Demanda Bioquímica de Oxígeno, coliformes totales 16×10^3 NMP/100ml y Coliformes Termotolerantes 1600 NMP/100ml (p. 13 y 16).

En Lima, exactamente en el vivero Municipal de los Olivos se utiliza el agua de la acequia Pro-Lima, la cual es alimentada por el río Chillón. La acequia en mención se encuentra ubicada en una zona urbana del distrito de Los Olivos, recorriendo otras zonas urbanas, **ver anexo 1**, recibiendo directamente efluentes de las aguas domésticas de los hogares cercanos. En medida que la acequia se acerca al punto del vivero el color se torna más oscuro y se percibe un olor putrefacto.

En el vivero Municipal de Los Olivos se cultivan distintos tipos de plantas ornamentales y vegetales, siendo regadas con agua de la acequia Pro-Lima mientras que, los vegetales con agua de cisterna. Según Rosas (2017) el canal de regadío que alimenta el vivero cuenta con una

inadecuada calidad como para ser utilizado en el riego de vegetales o bebida de animales, presentando las siguientes concentraciones: $DBO_5 > 100$ ppm es alto, pH básico, Coliformes Fecales 16×10^4 NMP/100ml y *Escherichia coli* 54×10^3 NMP/100ml.

1.2 Antecedentes

Según **Egas, Espinoza, Olano, Requena y Rodríguez (2017)** indican que, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la calidad del río Chillón se encuentra en un rango aceptable, por ello, afirman que los canales de riego abastecidos por este río cuentan con la calidad óptima de agua para riego de plantas ornamentales o árboles. Para identificar que la calidad de esta agua es óptima se estimaron parámetros de pH; sólidos suspendidos y sedimentables, cromo hexavalente, sulfatos, sulfuros, temperatura, DQO, DBO_5 , aceites y grasa y nitrógeno amoniacal, según los análisis que se realizaron solo los 4 últimos contaban con concentraciones más cercanas a sobrepasar los estándares permisibles.

Por el contrario, **Razuri (2017)**, realizó un trabajo de investigación que involucra la mejora de la calidad de agua en el canal de regadío E-8 Chuquitanta - San Martín de Porres, perteneciente a la zona de Lima Norte y dicho canal es alimentado por el río Chillón, el cual recibe constantes descargas de aguas servidas. En su publicación menciona que el canal se encuentra en un estado degradado ya que, se encontraron altas concentraciones de DBO y DQO, sobrepasando los estándares con concentraciones de 65.4 mg/L y 83.04 mg/L cuando debería contar con 15 mg/L y 40 mg/L respectivamente (ECA Agua C3 2017).

Respaldando esta posición, **Terrones y Herrera (2015)** concluyeron en su tesis que la calidad de agua para riego que cuenta el río Chillón en su cuenca baja es de muy mala calidad y no apta para riego de vegetales ni de bebida para animales más aún si esta se encuentra en época de estiaje, y esta situación se agrava más si se toman puntos más cercanos a su desembocadura.

Asimismo, **Salguero (2017)** realizó un análisis en la cuenca baja del Río Chillón, donde los resultados arrojaron altas concentraciones de DBO_5 de hasta 173 mg/L, sobrepasando los Estándares de Calidad Ambiental para cuerpos de agua que son utilizadas para regadío y comercio, siendo como máximo 15 mg/L. Es así como empieza el tratamiento para reducir el nivel de DBO_5 , aplicando por 15 minutos el tratamiento de micronanoburbujeo con aire y ozono, y así lograr la reducción del contaminante. Después de ello, se obtuvo una nueva concentración de DBO_5 de 57.33 mg/L, afirmando que el nivel de eficiencia del micronanoburbujeo con aire y ozono es de 66.86%.

Por ello, **Li, Wu, Yang, Wang, Yu, Xia y Chu (2017)**, indican que la implementación de un sistema de aireación a través de microburbujeo es altamente eficiente ya que así, el gas se solubiliza fácilmente en el medio acuático sin embargo, este tratamiento innovador aún presenta el inconveniente de dejar subproductos de desinfección que quedan disueltos en el agua. En cuanto a la eficiencia del sistema se realizó una comparación entre microburbujeo con ozono y microburbujeo convencional con la muestra del agua del lago Tai que contiene bromuro, los resultados que arrojaron no marcan gran diferencia en cuanto a concentraciones de subproductos de desinfección como el bromato, no obstante, la adición del amoníaco permite reducir este subproducto a niveles más bajos durante el proceso de microburbujeo con ozono.

De tal manera, **Orellana (2005)** en su libro de ingeniería sanitaria indica que cuando se somete a un cuerpo de agua a un proceso de aireación tiende a oxidarse los iones ferroso y manganeso, así mismo sucede un proceso de nitrificación de amoníaco, los cuales permiten la reducción de olores y gases disueltos. El ingeniero Orellana da énfasis en que la aireación a través de inyección de burbujas es un procedimiento de alto rendimiento y genera bajo consumo de energía, ya que las burbujas de aire al entrar en contacto con el agua se desplazan a una velocidad muy inferior de ella, de esta manera le permite mayor tiempo de contacto y alterando sus parámetros químicos y microbiológicos.

De igual forma, **Zhang, Huang, Liu y Chen (2018)** en búsqueda de recuperar la calidad de agua de los efluentes de la industria textil, agua contaminada con teñido sintético, realizan un tratamiento de microburbujeo y carbón activado, en donde el proceso de microburbujeo funciona como un catalizador. Cabe recalcar que, la exposición a este proceso es más eficiente que exponer a una ozonización de burbujas gruesas. Tan solo este primer proceso genera una eficiencia del 75% de la capacidad oxidativa para la eliminación del contaminante, si a este proceso se le suma el tratamiento con carbón activado su eficiencia aumenta a un 98.3%. Esta innovadora tecnología permite óxido-degradar el contaminante, de manera que se forman compuestos tipo naftaleno y benceno, lo que termina mineralizándose en ácidos orgánicos pequeños.

Mientras que, en el campo de hidrocarburos, **la revista “El Espectador” (2014)** indica en su publicación, que la empresa Alianza Ingeniería ha desarrollado una tecnología a base de microburbujas capaz de reducir los niveles de hidrocarburos contaminantes en agua, la eficiencia del proceso llega a tal punto que separa en su totalidad a dicho contaminante del agua.

Esta tecnología además de separar también permite recuperar el petróleo de su efluente contaminado. Este innovador tratamiento que realiza la empresa en mención se basa en producir microburbujas de menor tamaño posible, indicando que mientras más pequeña la burbuja más eficiente será el proceso.

Asimismo, Dalmau (2017) comunica que Frontera Energy es una empresa de la industria del petróleo que en sus procesos genera efluentes contaminados con crudo, este tipo de crudo es el extrapesado, que a diferencia de otros tiene una alta viscosidad lo que lo vuelve más difícil de tratar. Es por ello, que en busca de tecnologías sostenibles, la empresa en mención utilizó las microburbujas para tratar sus efluentes contaminados de crudo extrapesado, obteniendo muy buenos resultados, tal como devolver el agua al cauce del río con la misma pureza que ingresó al proceso, además de generar un proceso limpio también permite recuperar el crudo, a través del constante burbujeo que poco a poco forma una película superficial de este componente, permitiendo ser recuperado y reinsertado al proceso. La tecnología usada a comparación de otros métodos es más rentable y su impacto en el medio ambiente es menor.

En relación al tratamiento de agua domiciliaria, **Monroy (2010)** en su tesis de evaluación de eficiencia con aireación a través de inyección de burbujas concluye que debido a dicho tratamiento se presenta una mayor área de contacto entre aire y agua, adicional a ello indica que en dicho proyecto se consigue un nivel de confianza de 95%. Este tratamiento le proporcionó resultados de remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno de 91.20%, remoción de Demanda Química de Oxígeno de 87.25%, remoción de sólidos suspendidos en un 82.57% y un incremento de concentración de nitrógeno total en la fuente de agua de 9.49%.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Canales de riego y acequias

Los canales de riego y acequias son vías de transporte de agua, sean naturales o acondicionados por el ser humano. **Albanesi, Jayat y Brown (2016)**, afirman que los canales riego son fuentes de irrigación, los cuales empiezan el recorrido en su nuevo cauce desde un punto denominado “tomas”. Las tomas son zonas de donde el agua empieza un desvío de un cauce principal, estas son dirigidas en su mayoría a zonas de bosques o áreas de cultivos. Los canales que tienen destinados abastecer de agua a zonas agrícolas cuentan con un sistema de revestimiento de cemento que le permite mantener su volumen ya que, de esta manera evita la pérdida de agua por infiltración.

Las acequias nacen en la cuenca media alta y son conducidos por canales primarios las que pueden medir aproximadamente 25 km de longitud, estas tienen la característica de ubicarse en el margen de los ríos, siendo en muchas ocasiones conocidas con el mismo nombre de aquel río **(Tamayo, 2017, p.3)**.

El canal de riego y la acequia tienen el fin de abastecer de agua a zonas agrícolas o ganaderas, cumpliendo con ciertos requisitos de infraestructura de riego de manera que puedan cumplir con la calidad y cantidad de agua que se necesita para abastecer a todos esos puntos. Sin embargo, en los últimos años la definición de la acequia se ha ido tergiversando, considerándolo como foco infeccioso en diversos sectores de los pueblos jóvenes, puesto que sirven como botaderos de basura y vertederos de aguas domésticas para la gente que no tiene educación ambiental y que no sabe que todo va a parar a los campos de cultivo.

1.3.2 Agua residual

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental **OEFA (2017)**, define el agua residual como aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al alcantarillado.

1.3.2.1 Caracterización físico-químico del agua residual

Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica, por lo tanto, una caracterización completa del agua en mención es fundamental para seleccionar el tipo de tratamiento adecuado. Asimismo, se debe tener en consideración que la mayoría de los parámetros están relacionados entre sí.

Las características físicas más importante del agua residual son el contenido de sólidos totales, el color, el olor y la temperatura.

- **Sólidos totales (ST)**

Se define como la suma de partículas en suspensión y compuestos solubilizados, presentes en el agua. Para la determinación de ST se somete al agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 grados centígrados **(Aznar, 2010)**.

- **Color y Olor**

Son propiedades organolépticas, es decir, que son determinados por nuestros sentidos. Según **Rodríguez (2012)** estas características no suelen ser una medida que precise el nivel de contaminación, aunque su presencia es un indicio de que la depuración de un efluente no es la correcta.

- ✓ **Color:** es un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, siendo el color gris o pardo, colores característicos de las aguas residuales, en algunos casos debido a los procesos biológicos anóxicos el color puede pasar a ser negro.
- ✓ **Olor:** generalmente son producidos por sustancias volátiles y gaseosas como el sulfuro de hidrógeno que tiene un olor particular a huevo podrido, asimismo por materia orgánica en descomposición o productos químicos producidos en las industrias.

- **Temperatura**

La temperatura del agua residual suele ser más alta que la del suministro, debido a los diferentes procesos al cual es sometida, caso contrario, es en la estación de verano donde la temperatura del agua es menor por la diferencia entre el calor específico del agua y aire (**D'Alessandri, 2012**).

En cuanto a los factores principales que describen las características químicas del agua residual, encontramos el contenido de materia orgánica, inorgánica y gases.

- **Materia orgánica**

Frecuentemente, proviene de restos de animales y vegetales, así como de la actividad humana que esté relacionada con la síntesis de orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados por compuestos que se oxidan en presencia de oxígeno y temperaturas elevadas (**D'Alessandri, 2012**). Particularmente, el agua residual doméstica presenta gran cantidad de materia orgánica, entre las cuales están las excretas, restos de comida, aceites y grasas, entre otras.

- ✓ **Aceites y grasas:** son compuestos orgánicos pertenecientes al grupo de los lípidos, tienen la característica de ser altamente estables, su densidad es menor que la del agua, esta cualidad le permite formar una especie de nata y espuma sobre ella. Su presencia en

cuerpos de agua para riego degrada la calidad del suelo (**Vidales, Leos y Campos, 2010**).

Para medir el contenido de material orgánico presente en el agua, se debe utilizar los ensayos más utilizados a nivel de la normativa ambiental, los cuales son:

- ✓ **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** mide la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar químicamente la materia orgánica presente en el agua (**Rodríguez, 2012**).
- ✓ **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** es una medida del oxígeno requerido por organismos vivos para degradar la materia orgánica presente en el agua a través de procesos bioquímicos (**Espigares y Pérez, 2017**).

D'Alessandri (2012) menciona que grandes moléculas de carbono son descompuestas por bacterias cuyo medio de vida es el agua residual, siendo el oxígeno requerido para que esta descomposición se dé, es decir, transforma las cadenas largas de carbono en pequeñas moléculas.

- **Materia inorgánica**

Existen varios componentes inorgánicos de las aguas residuales que son importantes para la determinación y control de la calidad del agua, entre ellos tenemos:

- ✓ **pH:** es un indicador de la acidez, siendo un factor clave para la calidad del agua (**Lenntech, 2018**). En el agua residual, la determinación del pH es importante para mantener las condiciones favorables a los microorganismos encargados de la estabilización de la materia orgánica.
- ✓ **Nitrógeno, Amoníaco (NH₃), nitritos (NO₂⁻) y nitratos (NO₃⁻):**
El nitrógeno es esencial para el crecimiento de microorganismos y plantas, la limitación de nitrógeno puede producir cambios en la composición bioquímica de los organismos, y reducir sus tasas de crecimiento. A la vez, es un contribuyente para el agotamiento del oxígeno y la eutrofización de las aguas receptoras, cuando se encuentra en altas concentraciones. El nitrógeno está presente en el agua residual en forma de urea y proteínas, pero estos compuestos son fácilmente degradables por las bacterias, que los

transforman en amonio y a partir de este producen nitritos y nitratos (**Espigares y Pérez, 2017**).

El amoniaco es el primer producto de la degradación de la urea y del material proteico por lo que se considera como el mejor indicador químico indirecto de contaminación fecal reciente.

Los nitritos son inestables y se oxidan fácilmente a nitratos, asimismo, su ausencia en el medio puede deberse a condiciones anóxicas.

Los nitratos son la forma más oxidada del nitrógeno que se encuentra en las aguas residuales, su aumento creciente trae consecuencias negativas como es la proliferación de algas conocido como eutrofización.

- ✓ **Cloruros:** se consideraban como indicador indirecto de contaminación fecal, ya que el hombre elimina unos 6 gr de cloruros al día aproximadamente en las excretas. Pero en la actualidad, la presencia de este se debe a la cloración del agua para su desinfección.
- ✓ **Sulfatos:** Según Sánchez (2015) el sulfato se encuentra en grandes cantidades en el agua residual y se requiere para la síntesis de proteínas y se liberan en su descomposición.
- **Gases**

Frecuentemente se encuentra gases como el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno, amoniaco y metano los cuales se localizan disueltos en el agua residual, teniendo en cuenta que los tres últimos compuestos son el producto de la descomposición de la materia orgánica presente en dicha agua.

- ✓ **Oxígeno disuelto (OD):** Es un parámetro indicativo de la calidad del agua, expresándolo como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra, asimismo, el OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua siendo inversamente proporcional, esto quiere decir que, a mayor temperatura menor concentración de oxígeno disuelto (**Peña, 2007**).

1.3.2.2 Caracterización microbiológica del agua residual

Las aguas residuales que dependen de su composición, concentración, pH y temperatura pueden llevar una gran cantidad de microorganismos.

- **Microorganismos**

Son organismos que solo pueden ser observados a través de un microscopio, son las primeras y más primitivas formas de vida en nuestro planeta. Los microorganismos siempre se encuentran presentes en el agua, ya que la requieren para la constitución de su núcleo o de su membrana y demás material orgánico de que está hecho el organismo (**D'Alessandri, 2012**).

Cuando se desinfecta el agua, los microorganismos mueren y algunos se inactivan temporalmente, pero una vez que se termina la acción del agente desinfectante, estos crean las condiciones para nuevamente crecer y multiplicarse.

Según su nutrición los microorganismos se clasifican en:

- **Autótrofos:**

Se denomina nutrición autótrofa cuando el microorganismo por si solo es capaz de sintetizar todas las sustancias que necesita para su metabolismo a partir de sustancias inorgánicas, a este proceso se le llama fotosíntesis (**Apella y Araujo, 2005**).

Sin embargo, los organismos autotróficos más comunes son los que obtienen energía por medio de procesos quimiosintéticos y son muy pocos los que pueden llevar a cabo la fotosíntesis. Estos seres son productores de la cadena alimenticia proporcionando las proteínas, carbohidratos y demás nutrientes que requieren los heterotróficos para vivir (**Flores, et al. 2008**).

- **Heterótrofos:**

Soto (2012) indica que los seres heterótrofos son consumidores, es decir, no fabrican su propio alimento, y a su vez necesitan energía química. Algunos tipos de hongos y bacterias son heterótrofos presentes en el agua residual.

En cuanto a la digestión, encontramos:

- **Digestión aerobia:**

Se efectúa cuando microorganismos que requieren oxígeno llamados aerobios, descomponen la materia orgánica para la obtención de energía en su provecho.

Los procesos que son parte de este tipo de metabolismo implican la oxidación de las proteínas, las grasas y los carbohidratos en una secuencia compleja, produciendo: agua, dióxido de carbono, sulfatos y amoníaco. Si persisten las condiciones oxidantes, el amoníaco producido por los compuestos nitrogenados y que no escapa a la atmósfera en forma de gas, se oxida a nitritos y posteriormente a nitratos (**Torres, 2011**)

- **Digestión anaerobia:**

La oxidación anaerobia requiere de microorganismos que son los que subsisten en ausencia de oxígeno y posee un metabolismo muy distinto al de los microorganismos aerobios.

Según **Rivas y Mota (2006)**, las bacterias anaerobias se pueden clasificar en tres categorías en función de su capacidad de vida:

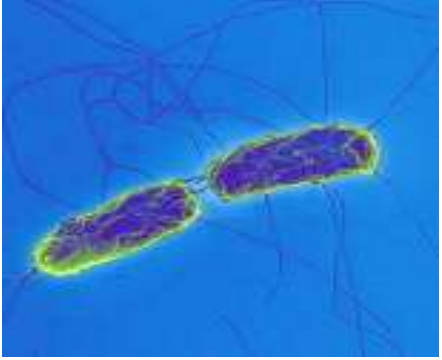

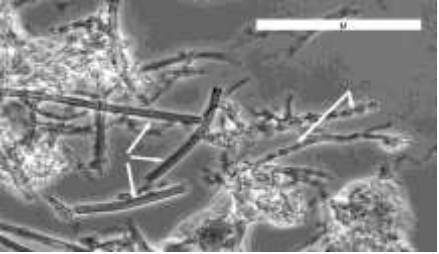

- ✓ Obligadas: necesitan un entorno libre de oxígeno para vivir, también se conocen como bacterias anaeróbicas estrictas.
- ✓ Aerotolerantes: no utilizan el oxígeno en sus procesos biológicos, sin embargo, pueden vivir en entornos donde existe este elemento.
- ✓ Facultativas: pueden utilizar el oxígeno para vivir, pero si no hay oxígeno utilizan procesos de fermentación para obtener la energía necesaria para su desarrollo. La bacteria más conocida de esta clase es:

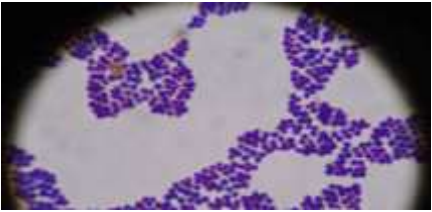


Escherichia coli: Son bacterias coliformes que generalmente se encuentran en los intestinos, la presencia de esta bacteria en cualquier otro sistema que no sea el intestino es perjudicial a la salud. Según **Margall, Domínguez, Prats y Salleras (2014)**, este tipo de bacteria es un indicador de contaminación fecal, puesto que, cada persona elimina diariamente de 100.000 a 400.000 millones de coliformes a través de las heces.

En el agua residual los microorganismos más típicos son: bacterias, protozoos, virus y algas.

- **Bacterias**


Margall, et al. (2009), menciona que las bacterias pueden ser de origen fecal o implicadas en procesos de biodegradación. Predominando las especies pertenecientes a los siguientes grupos, con relación a la respuesta a la tinción de Gram:

| BACTERIAS GRAM NEGATIVAS | DESCRIPCIÓN |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p data-bbox="386 249 607 281" style="text-align: center;">Enterobacterias</p>  <p data-bbox="277 657 537 688">FUENTE: Lopez, 2015.</p> | <p data-bbox="781 249 1386 390">Son las más importantes dentro de los anaeróbicos facultativos y su presencia en agua está asociada a contaminación fecal.</p> <p data-bbox="781 415 1386 556">Son bacilos no esporulados, no móviles con requerimientos nutricionales relativamente simples.</p> <p data-bbox="781 581 1386 663"><i>Escherichia coli</i> pertenece a este grupo de bacterias.</p> |
| <p data-bbox="386 711 607 743" style="text-align: center;">Flavobacterium</p>  <p data-bbox="277 1018 656 1050">FUENTE: Bernardet et al., 2002.</p> | <p data-bbox="781 711 1386 852">Género de bacterias aerobias con forma de bastón que están ampliamente distribuido en aguas y suelos.</p> <p data-bbox="781 877 1386 1018">Son bacilos que se caracterizan por falta de movilidad y producción de pigmentos de color amarillo.</p> |
| <p data-bbox="418 1073 574 1104" style="text-align: center;">Gallionella</p>  <p data-bbox="285 1371 586 1402">FUENTE: Pedersen, 2011.</p> | <p data-bbox="781 1073 1386 1213">Estos bacilos se caracterizan por obtener energía por oxidación, otorgándole una coloración marrón característica.</p> <p data-bbox="781 1239 1386 1320">Crecen en lugares donde existen mezclas de aguas aerobias y anaerobias.</p> <p data-bbox="781 1346 1386 1386">Su presencia es un indicador de hierro disuelto.</p> |
| <p data-bbox="402 1423 591 1455" style="text-align: center;">Pseudomonas</p>  <p data-bbox="331 1801 647 1833">FUENTE: Mundasad, 2011.</p> | <p data-bbox="781 1423 1386 1564">Está constituido por bacilos aerobios y móviles, que producen pigmentos de color verde, azul verdoso, rojo y/o marrón y no forman esporas.</p> <p data-bbox="781 1589 1386 1787">La <i>Pseudomonas aeruginosa</i> pertenece a este grupo y producen bacteriocinas con acción antibiótica frente a diversos coliformes como <i>Escherichia coli</i></p> |

| BACTERIAS GRAM POSITIVAS | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">Staphylococos</p>  <p>FUENTE: Tiwari et al., 2014.</p> | <p>Son aerobios y tolerantes a altas concentraciones salinas que permite diferenciarlos de los estreptococos.</p> <p>Son importantes patógenos humanos, aunque no existe certeza acerca de su hábitat original.</p> |
| <p style="text-align: center;">Estreptococos</p>  <p>FUENTE: Wellinghausen et al., 2009.</p> | <p>El género Streptococcus incluye a <i>Enterococcus faecalis</i>, habita normalmente en el intestino de hombres y animales por lo que es un indicador de contaminación fecal de aguas.</p> |
| <p style="text-align: center;">Bacillus</p>  <p>FUENTE: Sociedad Brasileira de Patología Clínica, 2017.</p> | <p>Bacterias de metabolismo aeróbico, pueden ser aislados a partir de suelos y acuíferos aeróbicos</p> |

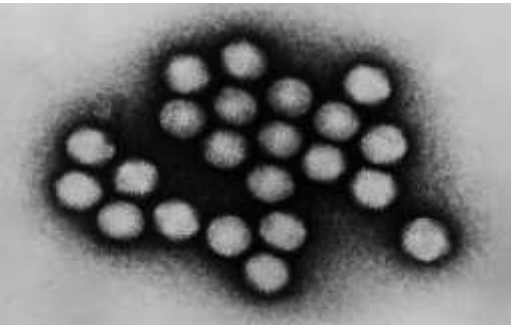
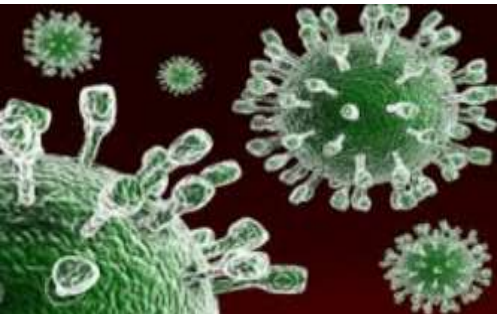
- **Protozoos**

En el agua residual, frecuentemente se encuentra las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos. Entre ellos *Giardia lamblia*, que es un protozoo con incidencia en la salud humana, responsables de epidemias (Pérez, 2012).

| <i>Giardia lamblia</i> | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>FUENTE: Enami, 2009.</p> | <p>Flagelado con un tamaño de 15 μm</p> <p>Se transmite al hombre a través de agua contaminada con materia fecal.</p> <p>Estas células producen un estado de reposo denominado quiste, que al ser ingeridos germinan y causan giardiasis.</p> |

- **Virus**

Según **Pedrero (2002)**, proceden de la excreción por parte de individuos infectados, ya sean humanos o animales. Poseen la capacidad de adsorberse a sólidos fecales y otras materias particuladas, favoreciendo de esta forma su supervivencia durante tiempos prolongados en las aguas residuales. Se pueden encontrar virus pertenecientes a los siguientes grupos:

| TIPOS DE VIRUS | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">Adenovirus</p>  <p>FUENTE: Mejía et al., 2006.</p> | <p>Son virus compuestos por ADN divididos en seis especies (A-F) que provocan infecciones en los seres humanos.</p> <p>El adenovirus varía según el tipo, todos son transmitidos mediante el contacto directo, la transmisión fecal-oral, y ocasionalmente mediante transmisión por agua.</p> |
| <p style="text-align: center;">Rotavirus</p>  <p>FUENTE: Kids Health, 2015.</p> | <p>Género que pertenece a la familia Reoviridae.</p> <p>Los grupos A, B y C, son los que contagian a los humanos, siendo el grupo A, el más común y el más esparcido causando la gran mayoría de las infecciones.</p> <p>Su transmisión es fecal oral, provocando una gastroenteritis.</p> |

- **Algas**

Según **Moreta (2011)**, en las aguas residuales el crecimiento de las algas se ve favorecido por la presencia de nutrientes, dando lugar a procesos de eutrofización. Son aerobias, y en ambientes con poco oxígeno, mueren, flotan y se descomponen produciendo mal olor. Algunas de ellas son: Anacystis, Anabaena, Gleocystis, Spirogyra, Cladophora, Enteromorpha.

1.3.3 Agua de riego

Es el recurso hídrico imprescindible para el desarrollo de las plantas, el éxito de la agricultura bajo riego depende en gran medida de la calidad del agua, porque puede influir, modificando

las características propias del suelo, así como en el rendimiento de los cultivos, si transporta sales en cantidades excesivas que afecten a la planta (**Ministerio de Agricultura, 2003**).

1.3.4 Calidad del agua de riego

El Perú cuenta con el DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM, el cual aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, según lo establecido en esta Norma Legal, se puede afirmar que el agua de riego pertenece a la categoría 3 y se dispone en la dimensión 1: riego de vegetales. Rigiriéndose a los siguientes parámetros con sus respectivas concentraciones:

Tabla 1. Estándares de Calidad del agua para riego

| PARÁMETROS | UNIDAD DE MEDIDA | D1: RIEGO DE VEGETALES | |
|---------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| | | Agua para riego no restringido (c) | Agua para riego no restringido |
| QUÍMICOS | | | |
| Aceites y grasas | mg/L | 5 | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅) | mg/L | 15 | |
| Oxígeno Disuelto (OD) | mg/L | ≥ 4 | |
| Nitritos + Nitratos | mg/L | 100 | |
| Sulfatos | mg/L | 6,5 – 8,5 | |
| Potencial de Hidrógeno (pH) | - | 1 000 | |
| MICROBIOLÓGICOS | | | |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 1 000 | 2 000 |
| <i>Escherichia Coli</i> | NMP/100 ml | 1 000 | ** |

Fuente: MINAM

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

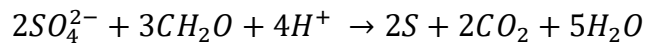
1.3.5 Aireación al agua

La aireación es un método para purificar el agua, implica introducir aire en el agua para aumentar la saturación de oxígeno, con esto se logra reducir el contenido de CO₂, remover el metano, sulfuro de hidrogeno y otros compuestos orgánicos volátiles responsables de conferirle al agua un mal olor (**Félez, 2009**).

1.3.5.1 Beneficios del oxígeno disuelto en el agua

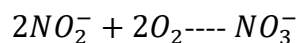
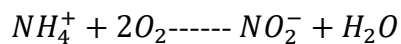
El oxígeno disuelto es un factor que influye en otros parámetros para determinar la calidad de agua y está directamente relacionada a las reacciones químicas que permiten mantener su calidad, es por ello, que la Normativa Peruana lo tiene en cuenta como un parámetro para identificar si los cuerpos de aguas son aptos para distintos usos, como por ejemplo para el de riego, indicando que la presencia de este elemento sea mayor a 4 mg/L (**DS N°004-2017-MINAM, 2017**).

Los microorganismos como las bacterias cumplen un papel muy importante en las reacciones químicas que suceden en el agua, tales como:



Esta reacción no se daría de tal manera si no fuera por la intervención de las bacterias aerobias, las cuales utilizan al ion sulfato como un agente oxidante para la materia orgánica dando un resultante de azufre elemental, reduciendo los riesgos de contaminación de acuíferos por sulfato.

Asimismo, el oxígeno permite que compuestos nitrogenados que contaminan el ambiente acuático sean reducidos a formas menos nocivas, tal es el caso de:



La materia orgánica presente en el agua en conjunto con nitrobacterias producen una reacción química que genera amonio, este en reacción con el oxígeno genera nitrito, el cual reacciona con el oxígeno dando un resultante de nitrato, dicho compuesto en esta forma es absorbido por las plantas (**Pérez y Sernaque, 2016**).

Según **Marlow (2009)** la importancia del oxígeno en el agua de riego está relacionada por la necesidad de las raíces de las plantas en absorber el oxígeno, las raíces de las plantas aprovechan

de oxígeno disuelto del agua y también tienen la capacidad de absorber el oxígeno que tiene el aire. Pero existen especies las cuales sus raíces no pueden captar el oxígeno del aire y son dependientes del obtener el oxígeno disuelto del agua.

1.3.5.2 Transferencia de oxígeno

Un sistema de oxigenación mediante aireación es una operación unitaria fundamental para la vida de los microorganismos presentes en agua residual, aquellos microorganismos que hacen posible que se genere el tratamiento biológico, la tasa de coeficiente de transferencia de oxígeno es directamente proporcional con la tasa de crecimiento de los microorganismos aerobios presentes en dicha agua e inversamente proporcional a los microorganismos anaerobios. La importancia de conocer este indicador es tener una noción de la tasa de crecimiento microbiano y la tasa de purificación del agua (**Duran y Rojas, 2006, p. 111**).

El coeficiente de transferencia de masa permite comparar la eficiencia de la máquina en tiempo de oxigenación y requerimiento de energía. Conocer el coeficiente de transferencia de oxígeno permite identificar cuán eficiente es la máquina con respecto a otros modelos existentes.

Existen factores que dificultan la transferencia de oxígeno que puede realizar los generadores de oxígeno, entre ellas están:

- Composición del agua: cuando la composición del agua tiene presencia de diversos componentes químicos (aditivos, antiespumantes, sólidos disueltos, entre otros) y se encuentran en altas concentraciones hace que disminuya el coeficiente de transferencia de masa (en este caso de oxígeno) y genera una alta resistencia de la película líquida en la interfaz. En caso de que el oxígeno pase la interfaz de gas a líquidos, el oxígeno interviene en otras reacciones (**Rojas, 2002**).
- Temperatura del agua residual: siendo un factor importante en cuanto a la transferencia de oxígeno, ya que su relación es inversamente proporcional, teniendo en cuenta que a mayor temperatura del ambiente y/o agua menor será la transferencia de masa (oxígeno) (**Sánchez y Jiménez, 2014**).
- Profundidad de los difusores: según los estudios realizados por **Alvis y Cueto, 2012**, mencionan una relación directamente proporcional de la profundidad de los difusores de

oxígeno con el coeficiente la transferencia de estos, tal que a mayor profundidad del difusor mayor será la transferencia de masa de oxígeno suministrada al agua residual.

- Diámetro de la burbuja: mientras más fina sea la burbuja mejor serán los resultados, en este caso mientras menor sea el tamaño en micras la transferencia de oxígeno será mayor (**Gómez, 2013**).
- Presencia de agitadores en el reactor biológico (velocidad de la agitación): se recomienda la presencia de agitadores ya que estos generan turbulencia, y esto beneficia a la interfaz gas-liquido, de manera que disminuye la resistencia y aumenta la transferencia de masa (**Alvis y Cueto, 2012**).
- Presión: Según **Gómez, 2013** indica que un factor que influye directamente proporcional a la transferencia de oxígeno, en cuanto mayor sea la presión atmosférica mayor será la transferencia de masa.

Los métodos para hallar el coeficiente de transferencia de oxígeno se describen como la tasa de movimiento de un gas dentro de un medio líquido, se expresa mediante una ecuación de la primera ley de Fick, el cual relaciona la tasa de transferencia de masa directamente proporcional con la gradiente de la concentración.

$$\frac{dm}{dt} = D_m A * \frac{dC}{dt}$$

Según **Chávez (2004)**, el modelo que se usa para este tipo de máquinas es un modelo básico de transferencia de oxígeno, el cual está basado en el modelo que presenta Lewis y Whitman, su ecuación es representada de la siguiente manera:

$$C = c_s - (c_s - c_o) \exp (-K_{ta} * t)$$

Dónde:

C: concentración de oxígeno

Cs: concentración de oxígeno disuelto en equilibrio cuando el tiempo se acerca al infinito.

Co: concentración de OD en tiempo cero

T: tiempo

K_{ta}: Coeficiente de transferencia de masa

1.3.6 Tecnologías generadoras de oxígeno

En la actualidad existen una variedad de tecnologías que permiten incorporar oxígeno en un cuerpo acuático, esta tecnología además de nutrir de oxígeno permite mitigar algunos contaminantes que ponen en peligro la vida de algunos ecosistemas. Las más representativas y utilizadas en la actualidad son de 4 tipos, las cuales son Burbuja gruesa, Burbuja Fina, Microburbuja y Nanoburbuja, la utilización de una de estas depende de que componentes quieres que ingrese y sobre todo el nivel de eficiencia de descontaminación de componentes de difícil acceso.

Según **Barona (2007)** la burbuja de tamaño grueso tiene un diámetro de 1,2 mm y su eficiencia en remoción de contaminantes es menor a comparación de los otros tamaños de burbujas. Las burbujas de tamaño fino tienen un diámetro de 0,8 mm y su eficiencia en remoción de contaminantes es mejor que las de tamaño grueso.

Terasaka (2011) indicó que las microburbujas permiten una impresionante disolución del oxígeno en el agua, incluso la disolución es más rápida que la que hacen los aireadores convencionales, pese a que el índice de flujo de aire es bajo. Esta novedosa tecnología permite tratar los desechos orgánicos de forma más adecuada.

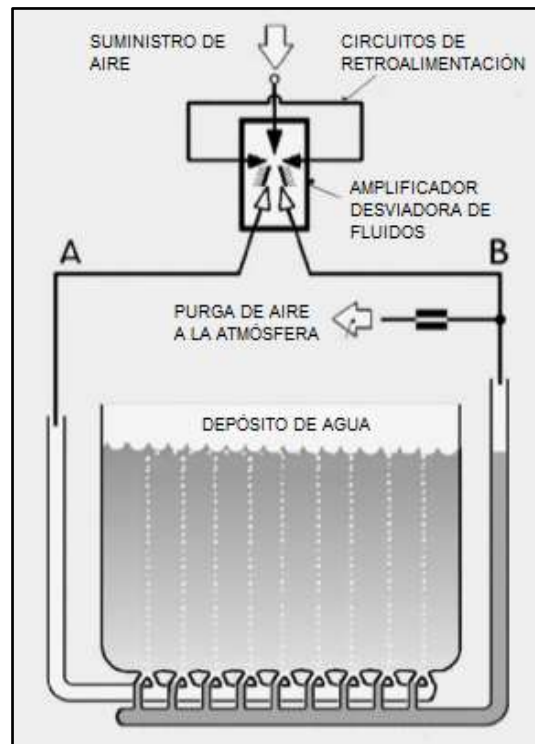
En el 2017, Azevedo indica que las nanoburbujas cuentan con ciertas propiedades que los convierten ideales para eliminar contaminantes, estas propiedades son las de alta estabilidad, longevidad y una alta área de superficie de volumen. Por eso son aprovechadas en eliminar hidrocarburos e incorporar oxígeno en grandes masas de agua.

1.3.6.1 Generadores de oxígeno mediante microburbujeo

- **Circuito generador de oxígeno a microburbuja**

En la **Figura 1** se observa que este diseño cuenta con un suministro del aire, el cual pasa al amplificador de desviación fluídica, que a su vez es abastecido por un constante bucle de retroalimentación. Posee dos ductos A y B, como se observa en ambos se suministran aire, sin embargo, en la tubería B no se realiza en su totalidad ya que tiene agua que cumple la función de un colchón que amortigua la potencia con la que viene el aire, de manera de evitar lesiones en las tuberías. Asimismo, en el ducto B se ubica un pequeño orificio que le da la salida del aire a la atmósfera, conocido como purga. Este mecanismo permite que las burbujas que sean

suministradas al cuerpo de agua cumplan con el tamaño requerido para ser microburbujas (Zimmerman, et al., 2009).

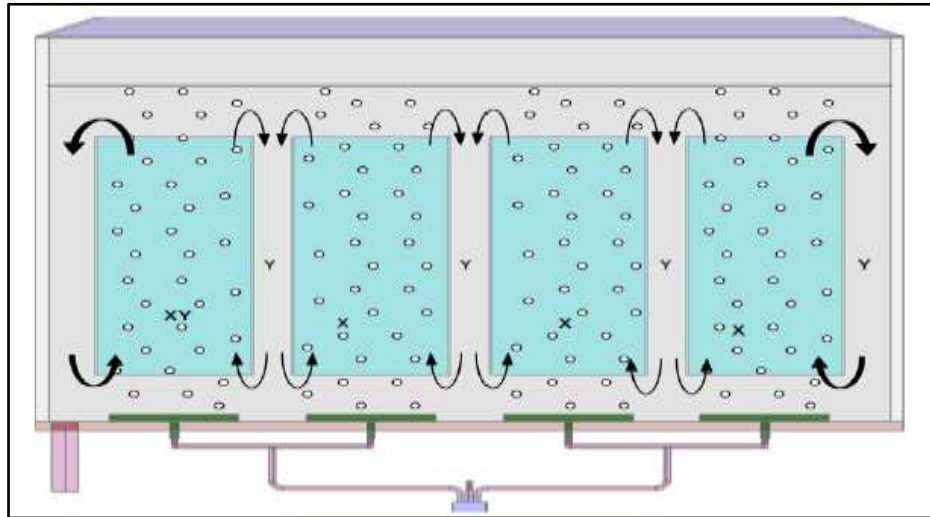


Fuente: Sciencedirect

Figura 1. Diseño de un circuito generador de oxígeno a microburbuja

- **Biorreactor de generación de microburbujas alejado de la luz**

Buscando un método de crecimiento de las microalgas *Dunaliella salina*, se propuso la implementación de un biorreactor de generación de microburbujas alejado de la luz para ayudar en el proceso, así como se muestra en la **Figura 2**. Con el objetivo de promover una recirculación en este sistema el diseño que presenta cuenta con dos regiones primordiales, empieza con una región mixta en la que combina movimientos ascendentes y descendentes, y luego se intercala en regiones descendentes luego regiones ascendentes y así sucesivamente; las regiones ascendentes son suministradas de microburbujas a través de ductos porosos (Zimmerman, et al., 2011).



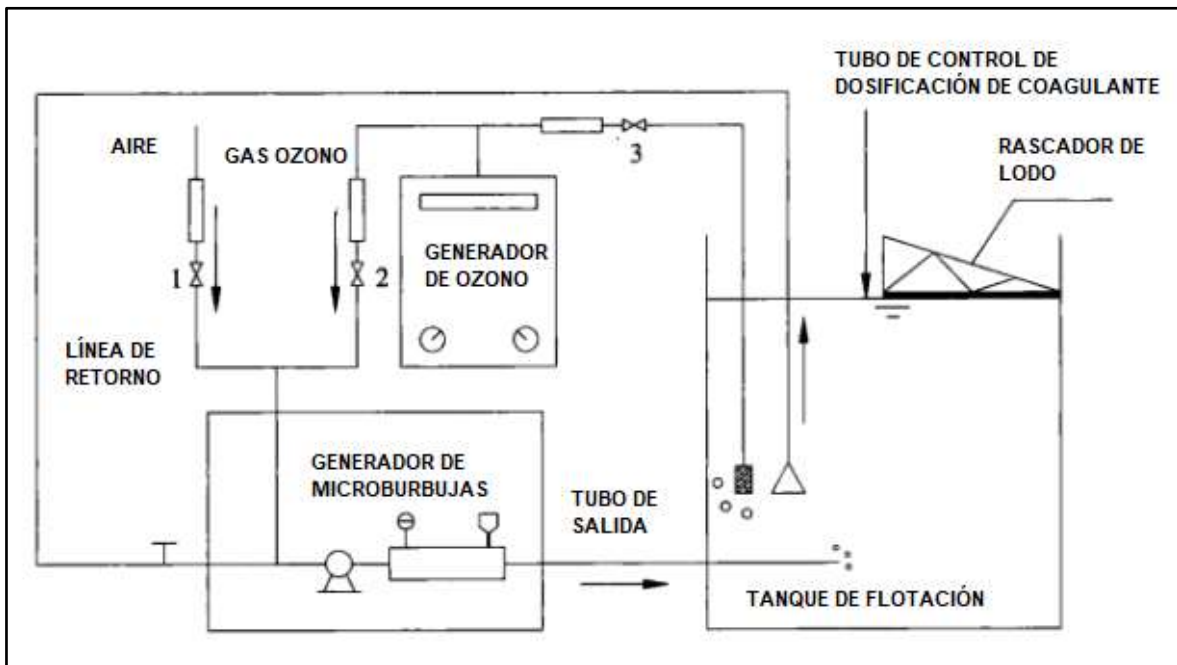
Fuente: Sciencedirect

Figura 2. Biorreactor de generación de microburbujas alejado de la luz

- **Generadoras de microburbujas que puedan desplazar los actuales sistemas de tratamientos primarios y secundarios**

Liu, Wang, Zhai, Huang (2010), realizaron una investigación sobre la implementación de generadoras de microburbujas que puedan desplazar los actuales sistemas de tratamientos primarios y secundarios, y como se puede observar en el siguiente gráfico cuenta con dos elementos básicos siendo estos coagulación-flotación, dado directo en el tanque y ozonización. Este último es suministrado en dos formas, la primera es por un generador de microburbujas ubicado en la zona posterior y la segunda por un generador de ozono ubicado en la parte superior.

Además, como se puede observar en la **Figura 3.** tanto el generador de ozono como el generador de microburbujas son suministrados por aire y ozono. La inyección de estos dos elementos se da en el mismo tanque en donde se realiza el proceso de coagulación-floculación.

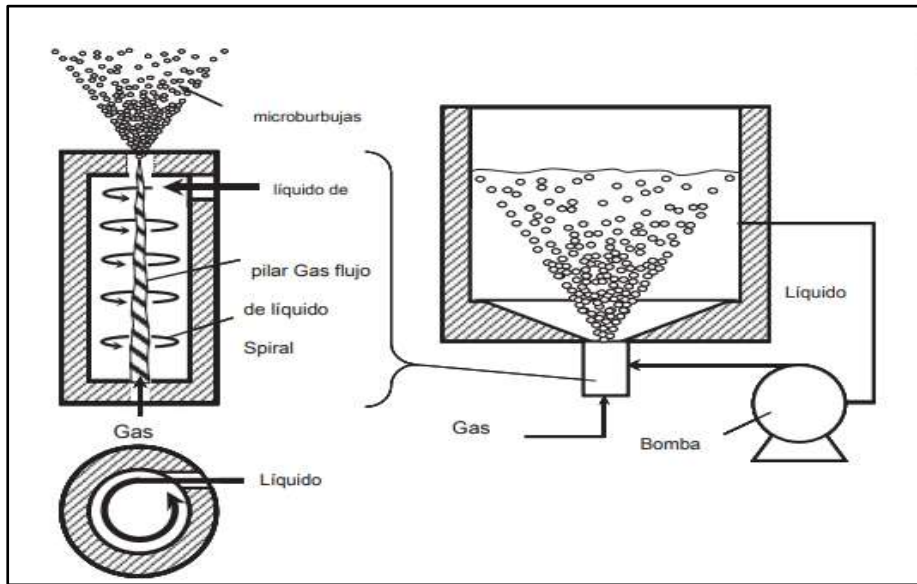


Fuente: Sciencedirect

Figura 3. Generadoras de microburbujas que puedan desplazar los actuales sistemas de tratamientos primarios y secundarios

- **Tecnología de microburbujas y los lodos activados**

Las aguas residuales son cuerpos que contienen contaminantes que no permiten ser usados en ningún otro sistema sin antes ser este tratado. **Terasaka, Hirabayashi, Nishino, Fujioka y Kobayashi (2011)** implementaron un sistema para el tratamiento de aguas residuales usando la tecnología de microburbujas y los lodos activados, para lograr que las burbujas que salgan tengan el diámetro adecuado cuenta con un sistema un tanto complejo de etapas antes de inyectar el oxígeno al agua. Por medio de una fuente de energía, en este caso el gas, este cumple la función de poner en funcionamiento un motor que realiza giros constantes hacia la derecha. El agua y aire entran a este ducto como una licuadora formando espirales de agua y gas, finalmente salen por un pequeño agujero con salida al tanque de tratamiento.



Fuente: Sciencedirect

Figura 4. Tecnología de microburbujas y los lodos activados

- **Piedras difusoras de oxígeno**

Las piedras difusoras son piedras porosas de distintos tamaños y formas, podemos encontrar de formas alargadas o redondas con diámetro de 3 o 5 cm, son de material delicado. Asimismo, se debe mantenerlas limpias y bien conservadas lejos de los rayos del sol y temperaturas superiores a 40°C (Gutiérrez, 2018).



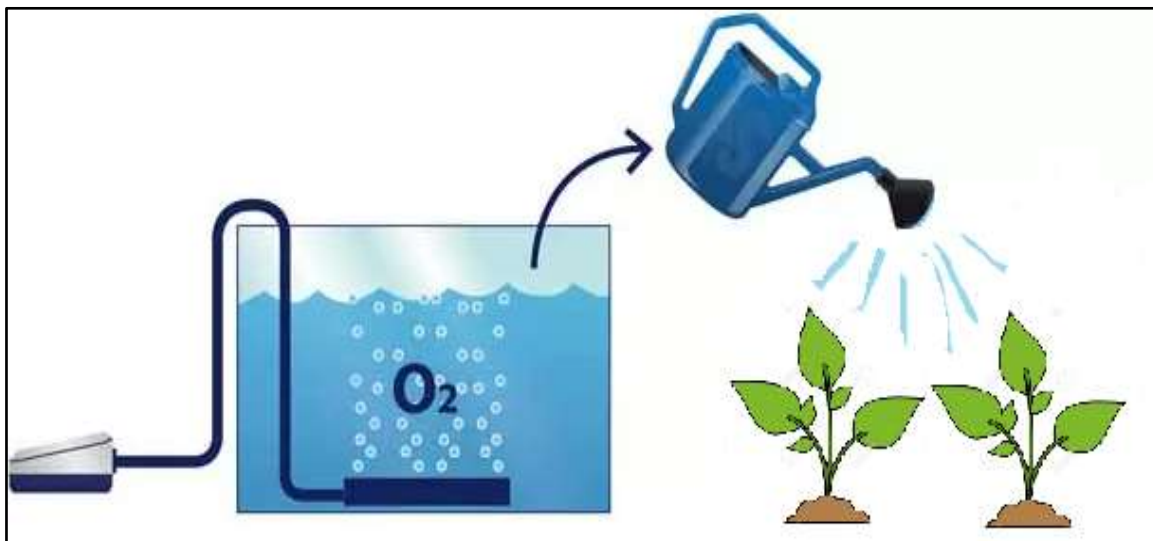
Fuente: TECNOCULTIVO

Figura 5. Piedra difusora de oxígeno de 5 cm de diámetro

Se presentan como una tecnología sencilla y económica para la oxigenación de depósitos de agua de riego puesto que, actúan como filtro que divide las burbujas de aire creadas en la bomba de aire, expulsándolas en forma de microburbujas (100 μ) dentro del tanque o depósito de agua, haciendo que la constante oxigenación favorezca el crecimiento radicular y la asimilación de nutrientes.

Su instalación es fácil, solo se debe de conectar mediante un tubo de silicona la bomba de aire a la piedra, luego introducir la piedra difusora en el depósito de agua y conectar la bomba a alguna fuente de energía para su funcionamiento. Después de ello, el depósito será llenado de burbujas de oxígeno que se forman al atravesar los poros de la piedra, **ver Figura 6.**

Al utilizarlas, el agua del depósito se mantendrá siempre oxigenada y en movimiento, lo que impide la proliferación de algas y otros microorganismos que pueden ser dañinos para las plantas.



FUENTE: Elaboración Propia

Figura 6. Funcionamiento del sistema con piedras difusoras de oxígeno

1.3.7 Caracterización de las microburbujas

1.3.7.1 Tamaño

El tamaño de las microburbujas que son producidas por las piedras difusoras varía en un rango de 100 μ a 500 μ de diámetro, debido a las cavidades ultrafinas que poseen (**International Aquafeed**).

1.3.7.2 Presión interna

Según la empresa peruana **Boss Tech (2018)**, la importancia de identificar la presión interna de una microburbuja es la de precisar su estabilidad, cabe recalcar que mientras mayor sea su estabilidad mayor presencia tendrá en el fluido al que es sometido. Además, el tamaño de la microburbuja es inversamente proporcional a la presión interna de la microburbuja.

La presión interna está descrita por la Ecuación de Young – Laplace:

$$P = PL + \frac{4T_s}{D}$$

Donde:

P: presión de la burbuja

PL: presión del líquido

T_s: tensión superficial

D: diámetro de la burbuja

1.3.7.3 Velocidad de ascenso

La velocidad de ascenso de la microburbuja depende dos importantes factores, la primera es del tamaño de la burbuja y la segunda es de las propiedades del líquido en el que se encuentre factores como la densidad del líquido y la viscosidad del líquido.

Según **Tsuge (2014)**, la velocidad de ascenso está descrita en una ecuación matemática denominada la ecuación de Stokes:

$$V = p \cdot g \cdot D^2 / 18\mu$$

Donde:

V: velocidad ascendente

p: densidad del líquido

g: aceleración gravitacional

D: diámetro de la burbuja

μ: viscosidad del líquido

1.3.7.4 Estabilidad

La estabilidad de la microburbuja es la propiedad de longevidad que muestre en el sistema que ingrese, la cual puede estar presente por minutos, horas o inclusive días. Dicho factor va a depender de la presión interna y el tamaño de la burbuja, sin embargo, hasta la fecha estos factores pueden ser alterados según el líquido en el que se esté tratando (**Macassi, 2017**).

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

- ¿Cuál es el nivel de mejora de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos utilizando el generador de oxígeno a microburbujas?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el tiempo de tratamiento adecuado para que el generador de oxígeno mediante microburbujas mejore los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos?

- ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia que tiene el generador de oxígeno mediante microburbujas para mejorar los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos?

- ¿Cuál es el porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos después del tratamiento por el generador de oxígeno mediante microburbujas?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Ambiental

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (2017) más del 80% de las aguas residuales se liberan en el entorno sin un tratamiento adecuado, contribuyendo al deterioro de la calidad de las aguas superficiales. En la actualidad este problema lo vive el agua que recibe el Vivero Municipal de Los Olivos, es por ello, que aplicar un diseño de generador de microburbujas de oxígeno ayudará a mejorar parámetros del agua de riego.

1.5.2 Social

Se propone un prototipo de generador de microburbujas de oxígeno utilizando piedras difusoras de oxígeno, para mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego que posee el Vivero Municipal de Los Olivos, resultando de vital importancia para optimizar el cultivo.

1.5.3 Teórico

Este estudio justifica que se emprenda un proceso de investigación científica y así brindarnos información de las propiedades de las microburbujas de oxígeno aplicadas al agua de riego

utilizando piedras difusoras de oxígeno, las cuales son rentable para el funcionamiento del generador de oxígeno.

1.5.4 Práctico

El trabajo de investigación en mención, mediante su experimentación nos dio la certeza que el generador de oxígeno de microburbujas que planteamos es una alternativa viable y eficaz para mejorar la calidad del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos, aprovechando las propiedades que tiene el oxígeno en el agua.

1.5.5 Económico

El presupuesto de la fabricación del prototipo del generador de oxígeno a microburbuja es de un costo módico, porque al utilizar las piedras difusoras de oxígeno que son relativamente accesibles, reduce los gastos del desarrollo de la investigación.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

- H_i : El generador de oxígeno mediante microburbujas es la tecnología más eficaz para mejorar un 80% los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
- H_o : El generador de oxígeno mediante microburbujas no es la tecnología más eficaz para mejorar un 80% los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- Hipótesis específica 1:
 - H_i : El tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.
 - H_o : El tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos no es de 6 horas.

- Hipótesis específica 2:
 - H_i : El generador de oxígeno mediante microburbujas mejora un 62% los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
 - H_o : El generador de oxígeno mediante microburbujas no mejora un 62% los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
- Hipótesis específica 3:
 - H_i : El generador de oxígeno mediante microburbujas reduce en un 98.5% las propiedades microbiológicas del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
 - H_o : El generador de oxígeno mediante microburbujas no reduce en un 98.5% las propiedades microbiológicas del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

- Determinar el nivel de mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos utilizando el generador de oxígeno a microburbujas.

1.7.2 Objetivos Específicos

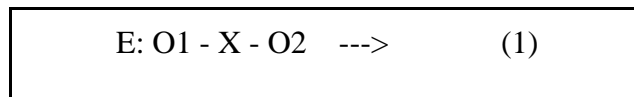
- Determinar el tiempo de tratamiento adecuado para que el generador de oxígeno mediante microburbujas permita mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
- Determinar el porcentaje de eficiencia que tiene el generador de oxígeno mediante microburbujas nivel para mejorar los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.
- Determinar el porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos después del tratamiento por el generador de oxígeno a microburbujas.

CAPÍTULO II: MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El trabajo en mención es de diseño Experimental, ya que este diseño se utiliza cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula (Hernández, R., 2014), es decir, manipulación de variable dependiente e independiente.

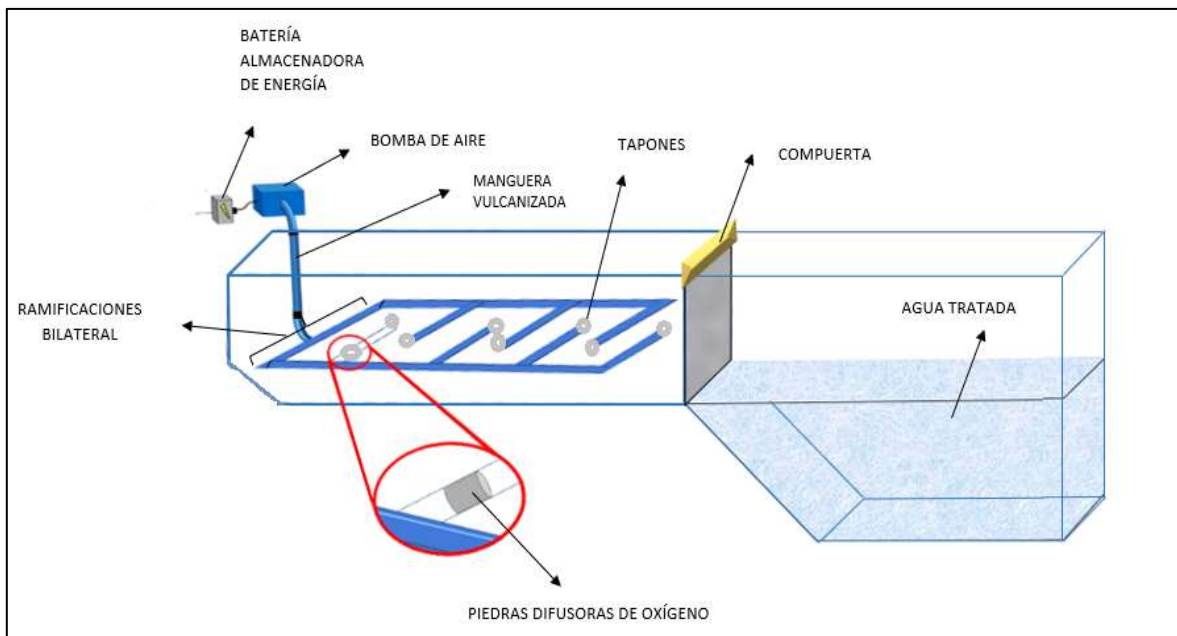
Esquema:



O1: Análisis inicial de los parámetros del agua de riego del vivero.

X: Aplicación del tratamiento de microburbujeo por el generador de oxígeno.

O2: Análisis final de los parámetros del agua de riego del vivero



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Propuesta de diseño del generador de oxígeno a microburbujas

El experimento se llevó a cabo bajo el diseño completamente al azar (DCA) que constó de 1 tratamiento (T) en 3 distintas horas (h) con 3 repeticiones (R)

El diseño experimental se distribuyó de la siguiente forma:

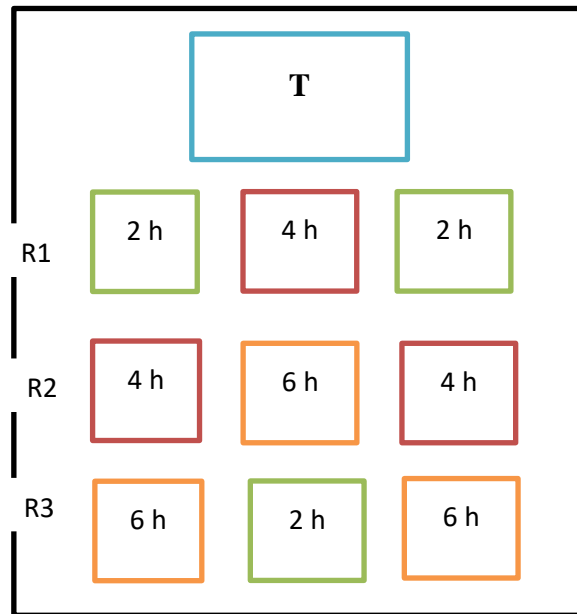


Figura 8. Diseño completamente al azar

2.2.1 Variables

- Variable independiente: Tratamiento con generador de oxígeno mediante microburbujas
- Variable dependiente: Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

2.2.2 Operacionalización

Tabla 2. Matriz operacional de variables

| MATRIZ OPERACIONAL DE VARIABLES | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Variable independiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
| Tratamiento con generador de oxígeno mediante microburbujas | El generador de oxígeno mediante microburbujas es una tecnología que tiene la capacidad de incrementar el oxígeno disuelto en el agua favoreciendo su calidad. (LACQUA, 2017) | El tratamiento con generador de oxígeno mediante microburbujas será medida, teniendo en cuenta las características del generador de oxígeno y la transferencia del oxígeno. | Características del generador de oxígeno | Tamaño de las burbujas | Micras |
| | | | | Potencia de la bomba | Voltios |
| | | | Transferencia de oxígeno | Tiempo de tratamiento | Horas |
| | | | | Eficiencia de tratamiento | % |
| Variable dependiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición |
| Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual para riego del Vivero Municipal de Los Olivos. | Son aquellas condiciones que deben darse en el agua residual para que ésta sea apta para el riego de diversas plantas. (Directiva Marco del Agua, 2003) | El mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológico del agua residual para riego del vivero Municipal de Los Olivos será medida, teniendo en cuenta los parámetros químicos y microbiológicos. | Parámetros químicos | Oxígeno disuelto (OD) | mg/L |
| | | | | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) | mg/L |
| | | | | Potencial de Hidrógeno (pH) | Unidad de pH |
| | | | | Nitratos + Nitritos | mg/L |
| | | | | Sulfatos | mg/L |
| | | | | Aceites y grasas | mg/L |
| | | | Parámetros microbiológicos | Coliformes Termotolerantes | NMP/100 ml |
| | | | | <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 m |

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

- La población de esta investigación viene a ser el agua residual de la acequia Pro-Lima, que es usada para el riego de plantas ornamentales del Vivero Municipal de Los Olivos, ubicado en Pro, Distrito de Los Olivos. Posee las siguientes coordenadas:

WGS84: 11°55'45.8"S 77°04'22"W

UTM: X: 274252.3327369415m; Y: 8680438.282400584m; Zona: 18 Sur



Figura 9. Ubicación del canal de regadío del Vivero Municipal de Los Olivos

2.3.2 Muestra

- La muestra tratada fue de 60 litros de agua residual de la acequia, almacenada en una poza ubicada dentro del Vivero Municipal de Los Olivos.

2.4 Metodología de la investigación

- **Construcción de pozas**

Antes de realizar las pozas en el suelo, se procedió a hacer una limpieza de la maleza, **Figura 10**. Teniendo en consideración que en el vivero Municipal de Los Olivos ya se contaba con tuberías que realizaban una conexión entre la acequia y la zona de pozas existentes por proyectos desarrollados anteriormente, solo se incorporó una tubería de 1 metro de distancia para que conecten. Consecutivamente, se realizó la poza para el almacenaje de agua residual proveniente de la acequia Pro-Lima, teniendo forma de un trapecio invertido, de acuerdo con el DS N°011-

2006-VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, Reglamento Nacional de Edificaciones, el cual contó con las siguientes medidas: base mayor de 1.5 metros y base menor de 0.8 metros, superficie de 1.5 metros por 1.2 metros y a 1 metro de altura. La forma de la poza permite a que sedimente los lodos presentes en el agua. La poza N°2 tuvo forma cúbica teniendo como dimensiones las siguientes: 1 metro de ancho por 1 metro de largo y 1.5 metros de altura. Esta segunda poza tiene la función de recibir el agua tratada sin sedimentos.



Figura 10. Remoción de plantas



Figura 11. Poza trapezoidal

Las pozas tuvieron una distancia de 0.5 metros entre ellas, estando conectadas por un tubo de 2 pulgadas, el cual reguló el paso del agua de una poza a la otra por una llave de paso, ubicado en la boca de la tubería de la poza N°2. Una vez hechas las pozas se realizó una pequeña zanja de 15 cm de profundidad, a una distancia de 20 centímetros alrededor de todo el perímetro de ambas pozas.



Figura 12. Zanja alrededor de las pozas

Ambas pozas fueron recubiertas por geomembrana y plásticos de 20 metros cuadrados cada una, se parcharon los posibles puntos de filtración. La geomembrana y el plástico restante fueron enterrados y asegurados con algunos ladrillos alrededor del perímetro de ambas pozas **Figura 13**. Después, se procedió a llenar la zanja con el agua de la acequia. Para ello, se colocó una malla en el tubo de abastecimiento para filtrar los residuos sólidos más grandes.



Figura 103. Llenado de poza



Figura 14. Residuos filtrados

- **Toma de muestra inicial del agua residual de la acequia**

Para la toma de muestra inicial se contó con las herramientas que nos brindó el laboratorio Cerper, el cual nos proporcionó contenedores para cada tipo de parámetro que se analizó, cada uno de estos con sus reactivos.

Antes de realizar la toma de muestra de agua, se procedió a utilizar la indumentaria correcta: un guardapolvo, un par de guantes y una mascarilla. Además, se verificó que se contara con todas las herramientas, tales como un balde esterilizado para extraer las muestras de agua, recipientes para cada parámetro a analizar y por último un cooler para trasladar las muestras.

Se procedió a extraer agua de la acequia en el balde esterilizado, **Figura 15**, haciendo tres repeticiones, para luego vaciar a cada uno de los contenedores proporcionados por el laboratorio. Los parámetros contemplados fueron: *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, DBO, oxígeno disuelto, pH, sulfato, nitritos y nitratos. Los contenedores fueron llenados casi al tope.



Figura 15. Toma de la muestra inicial (agua residual)



Figura 16. Muestra de aceites y grasas



Figura 127. Muestra para DBO



Figura 118. Muestra para pH

En cuanto a la toma de muestra para *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes, se tuvo mucho cuidado para no contaminarla, por lo que los envases se aislaron con un plástico del resto de muestras **Figura 19** y para la toma de muestra del oxígeno disuelto (OD) se contó con dos reactivos que fueron incorporados al momento del llenado del recipiente, el primer reactivo fue el Sulfato de Manganeso ($MnSO_4$) y el segundo reactivo adicionado fue el Azida de Sodio (NaN_3) incorporando 20 gotas de cada uno.



Figura 19. Muestra para *E. coli* y coliformes termotolerantes



Figura 20. Muestra de OD con Sulfato de Manganeso



Figura 21. Muestra de OD con Azida de Sodio



Figura 2213. Muestra de OD con reactivos incorporados

- **Identificación de microorganismos presentes en el agua de la acequia**

En el laboratorio de microbiología de la Universidad César Vallejo, se realizó la observación de microorganismos con ayuda del microscopio de aumento 40x, donde se identificó bacterias y protozoos entre ellos: *Giardia lamblia*, estreptobacilos, espiroqueta, amebas y plagelados.



Figura 23. Observación de los microorganismos mediante el microscopio

- **Construcción del generador de oxígeno**

Para la construcción del sistema se necesitó: un compresor de aire de la marca Resun ACO-003 de potencia 220 voltios, 4 metros de tubo de $\frac{1}{2}$ de agua, 4 codos de $\frac{1}{2}$, 7 tubos “T” de $\frac{1}{2}$, 8 tapones de $\frac{1}{2}$, 8 piedras oxigenadoras, 10 metros de manguera de acuario, 4 conexiones en “Y” y una manguera vulcanizada de 1.5 metros.



Figura 24. Compresor de aire



Figura 25. Tubos, tapones y conexión “Y”



Figura 26. Piedras oxigenadoras



Figura 27. Manguera de pecera

Posteriormente, se procedió al armado, uniendo los tubos, codos y tubos en “T” hasta lograr formar la estructura que se muestra en la **Figura 28**, a su vez, se introdujo la manguera de pecera en unión con las conexiones en “Y”, poniendo al final de cada salida una piedra oxigenadora y un tapón.



Figura 28. Estructura del generador



Figura 29. Generador de oxígeno

- **Etapa de tratamiento**

El tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas se realizó en la poza que contenía un volumen de 60 litros de agua residual de la acequia Pro-Lima, en intervalos de 2, 4 y 6 horas con 3 repeticiones cada una. Para ello, se incorporó la máquina diseñada por las autoras a unos 30 cm de profundidad, esperando los tiempos determinados y posteriormente, tomando las muestras.



Figura 30. Ubicación del generador en el agua.



Figura 31. Formación de espuma en la superficie de la poza.



Figura 32. Fotografía con zoom de las burbujas



Figura 33. Agua tratada durante 2 horas



Figura 34. Agua tratada durante 4 horas



Figura 35. Agua tratada durante 6 horas

- **Etapa de laboratorio**

En esta etapa, se procedió a llevar todas las muestras finales al laboratorio CERPER S.A. para que se analice los siguientes parámetros: *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes, aceites y grasas, DBO, oxígeno disuelto, pH, sulfato, nitritos y nitratos



Figura 36. Material para la toma de muestra final

2.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.5.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 3. *Técnica e instrumentos de recolección de datos*

| ETAPA | FUENTES | TÉCNICA | INSTRUMENTOS |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------|
| Toma de muestra inicial | Agua de la acequia Pro-Lima utilizada para el riego de plantas ornamentales del vivero Municipal de Los Olivos | Observación | Fichas de recolección de datos iniciales |
| Diseño del generador de oxígeno a microburbujas | Elaboración propia | Observación | Formato de la estructura del sistema |
| Aplicación del generador de oxígeno a microburbujas | 60 litros de agua residual almacenada en la poza del Vivero Municipal de Los Olivos, destinada al riego de plantas ornamentales. | Observación | Ficha del funcionamiento del sistema |
| Toma final de las muestras | Resultados obtenidos del laboratorio | Observación | Registro de análisis final de las muestras |
| Análisis de los resultados | Investigadores | Observación | Excel Software estadístico IBM SPSS |

FUENTE: Elaboración Propia

2.5.2 Validez

En el trabajo de investigación en mención, se utilizó instrumentos para la recolección de datos los cuales fueron validados por expertos en el tema.

Tabla 4. Promedio de Validación

| EXPERTOS | % DE VALORACIÓN | PROMEDIO DE VALIDACIÓN |
|------------------------------|-----------------|------------------------|
| Dr. Ordoñez Gálvez, Julio | 85% | 87% |
| Dr. Jiménez Calderón, César | 91% | |
| Mg. Tello Mendivil, Verónica | 85% | |

2.5.3 Confiabilidad

La confiabilidad de los resultados obtenidos en esta tesis es avalada por el laboratorio "Certificaciones del Perú - CERPER", dicho laboratorio de ensayo se encuentra acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL - DA con el registro N° LE 003.

2.6 Métodos de análisis de datos

Para determinar las características de la microburbuja procedentes del sistema de tratamiento, se utilizó las siguientes fórmulas:

$$PL = p \cdot g \cdot h \text{ ---> (2)}$$

Donde:

p: densidad del líquido

g: aceleración gravitacional

h: altura de llenado del agua residual

$$P = PL + \frac{4T_s}{D} \text{ ---> (3)}$$

Donde:

P: presión de la burbuja

PL: presión del líquido

T_s: tensión superficial

D: diámetro de la burbuja

$$V = p \cdot g \cdot D^2 / 18\mu \text{ ---> (4)}$$

Donde:

V: velocidad ascendente

p: densidad del líquido

g: aceleración gravitacional

D: diámetro de la burbuja

μ : viscosidad del líquido

Para obtener la eficiencia de la utilización del generador de oxígeno de microburbujas en el agua de riego, se analizó el cambio de los parámetros del agua en diferentes tiempos de funcionamiento del sistema, a través de la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Eficiencia por parámetro (\%)} = \frac{\text{concentración inicial} - \text{Concentración Final}}{\text{Concentración Inicial}} \times 100 \quad \text{---> (5)}$$

Asimismo, para determinar la transferencia de oxígeno, se empleó:

$$C = c_s - (c_s - c_o) \exp(-K_{ta} * t) \quad \text{---> (6)}$$

Donde:

C: concentración de oxígeno

Cs: concentración de oxígeno disuelto en equilibrio cuando el tiempo se acerca al infinito.

Co: concentración de OD en tiempo cero

T: tiempo

K_{ta}: Coeficiente de transferencia de masa

En cuanto al análisis estadístico correspondiente, se utilizó el software Excel para generar las figuras y tablas de resultados y el software IBM SPSS, para aplicar la prueba de T-Student y el método Tukey en ANOVA, para ver la variación entre los parámetros en cada análisis.

2.7 Aspectos éticos

El trabajo de investigación respetó la propiedad intelectual y auditoría de la información bibliográfica, por lo que se cita y referencia correctamente. De igual manera, se hace hincapié que el diseño del prototipo de generador de oxígeno de microburbujas es de elaboración propia.



CAPÍTULO III: RESULTADOS



3.1 Resultado de los Análisis de laboratorio: muestra inicial

Tabla 5. Resultados de la muestra inicial del agua de la acequia Pro-Lima

| PARÁMETROS QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS | UNIDAD | REPETCIÓN 1 | REPETCIÓN 2 | REPETCIÓN 3 | PROMEDIO | ECA (C3) |
|-------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----------|----------|
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 3.84 | 3.83 | 3.88 | 3.85 | ≥ 4 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 130.1 | 129.5 | 129.9 | 129.8 | 15 |
| Sulfatos | mg/L | 41.7 | 40.8 | 41.1 | 41.2 | 1000 |
| Nitritos+Nitratos | mg/L | 0.148 | 0.151 | 0.150 | 0.150 | 100 |
| pH | --- | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.4 | 6.5-8.5 |
| Aceites y grasas | mg/L | 13.2 | 12.9 | 12.7 | 12.9 | 5 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 1 000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 2 300 000 | 1 000 |

Tabla 6. Microorganismos identificados en el laboratorio de la universidad “César Vallejo Lima Norte” del agua residual de la acequia Pro-Lima

| MICROORGANISMO | IMAGEN MICROSCÓPICA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>Streptobacilos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pertenece al género de bacterias anaeróbicas facultativas, gram negativas. - Es alargado, inmóvil, no esporuladas. |  |
| <p><i>Giardia lamblia</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Protozoo flagelado anaeróbicos - En la imagen se ve un quiste de la <i>Giardia lamblia</i>, que son formas de parásitos que se encuentra en las heces de las personas. |  |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;">Espiroqueta</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacterias gran negativas, alargadas y enrolladas helicoidalmente. - Hay especies aeróbicas, anaeróbicas facultativas y anaeróbicas estrictas. |  |
| <p style="text-align: center;">Flagelado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Protozoos con movimientos mediante flagelos. - Viven en ambientes acuosos y se alimentan de bacterias, algas y otros protozoos. |  |

3.2 Resultados de la caracterización de las microburbujas

- Para hallar la Presión del líquido (agua residual) se empleó la fórmula N°2, obteniendo:

$$PL = p \cdot g \cdot h$$

$$PL = 998.2 \frac{Kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.6 m$$

$$PL = 5869.416 kg/m \cdot s^2$$

$$PL = 5869.416 Pa$$

- Mientras para la hallar la presión interna de la microburbuja se utilizó la fórmula N°3, siendo la Ecuación de Young – Laplace:

$$P = PL + \frac{4T_s}{D}$$

$$P = 5869.416 Pa + \frac{4 \times (0.0728 N/m)}{100 \times 10^{-6} m}$$

$$P = 5869.416 Pa + 2912 Pa$$

$$P = 8781.416 Pa$$

$$P = 0.08667 atm$$

- Una vez hallado la presión interna de la microburbuja, se obtuvo su velocidad mediante la fórmula N°4.

$$V = p \cdot g \cdot D^2 / 18\mu$$

$$V = \frac{(998.2 \text{ Kg/m}^3) \times (9.8 \text{ m/s}^2) \times (100 \times 10^{-6} \text{ m})^2}{18 \times (1.003 \times 10^{-3} \text{ Kg/m.s})}$$

$$V = \frac{9.78236 \times 10^{-5} \text{ Kg/s}^2}{0.01805 \text{ kg/m.s}}$$

$$V = 5.4184 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Tabla 7. Resultado de la caracterización de las microburbujas de las piedras difusoras

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Tiempo de contacto (horas) | 2, 4 y 6 horas |
| Diámetro de las microburbujas μm | 100 μm |
| Presión interna (atm) | 0.08667 atm |
| Velocidad de ascenso (m/s) | $5.4184 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ |

3.3 Resultado de los Análisis de laboratorio: muestras de tratamientos

Tabla 8. Resultados de la muestra del tratamiento de 2 horas del agua de la acequia Pro-Lima

| PARÁMETROS QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS | UNIDAD | REPETICIÓN 1 | REPETICIÓN 2 | REPETICIÓN 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4.68 | 4.63 | 4.64 | 4.65 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 110.2 | 109.7 | 108.9 | 109.6 |
| Sulfatos | mg/L | 50 | 49.7 | 49.7 | 49.8 |
| Nitritos+Nitratos | mg/L | 0.113 | 0.112 | 0.117 | 0.114 |
| pH | --- | 7.8 | 7.9 | 7.9 | 7.9 |
| Aceites y grasas | mg/L | 10.9 | 11.1 | 10.7 | 10.9 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 600 000 | 600 000 | 600 000 | 600 000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 600 000 | 600 000 | 600 000 | 600 000 |

Tabla 9. Resultados de la muestra con tratamiento de 4 horas del agua de la acequia Pro-Lima

| PARÁMETROS QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS | UNIDAD | REPETICIÓN 1 | REPETICIÓN 2 | REPETICIÓN 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4.70 | 4.67 | 4.64 | 4.67 |

| | | | | | |
|-------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 108 | 105 | 108 | 107 |
| Sulfatos | mg/L | 54.5 | 53.9 | 54.2 | 54.2 |
| Nitritos+Nitratos | mg/L | 0.107 | 0.102 | 0.103 | 0.104 |
| pH | --- | 8.3 | 7.9 | 8.1 | 8.1 |
| Aceites y grasas | mg/L | 10.3 | 10.7 | 10.5 | 10.5 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 240 000 | 240 000 | 240 000 | 240 000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 240 000 | 240 000 | 240 000 | 240 000 |

Tabla 10. Resultados de la muestra con tratamiento de 6 horas del agua de la acequia Pro-Lima

| PARÁMETROS QUÍMICOS MICROBIOLÓGICOS | UNIDAD | REPETICIÓN 1 | REPETICIÓN 2 | REPETICIÓN 3 | PROMEDIO |
|-------------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Oxígeno Disuelto | mg/L | 4.72 | 4.69 | 4.66 | 4.69 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L | 80.9 | 80.7 | 80.5 | 80.7 |
| Sulfatos | mg/L | 110 | 113 | 112 | 112 |
| Nitritos+Nitratos | mg/L | 0.11 | 0.08 | 0.07 | 0.09 |
| pH | --- | 8.4 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |
| Aceites y grasas | mg/L | 1.69 | 1.63 | 1.66 | 1.66 |
| Coliformes termotolerantes | NMP/100 ml | 49 000 | 49 000 | 49 000 | 49 000 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 ml | 33 000 | 33 000 | 33 000 | 33 000 |

3.4 Resultado descriptivo de los parámetros químicos - microbiológicos

➤ Oxígeno Disuelto (OD)

Variación de la concentración del oxígeno disuelto después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 37** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de OD aumenta a 4.65 mg/L siendo óptimo ya que, según el ECA Agua 2017 categoría 3, establece que el agua de riego debe ser mayor a 4 mg/L de OD. La concentración de OD inicial es de 3.85, teniendo una variación positiva de 0.8 mg/L.

Variación de la concentración del oxígeno disuelto después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 37** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de OD aumenta a 4.67 mg/L, sobrepasando los 4 mg/L de OD que debe contar el agua de riego, según el ECA Agua 2017 categoría 3. La concentración de OD inicial es de 3.85, teniendo una variación positiva de 0.82 mg/L.

Variación de la concentración del oxígeno disuelto después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 37** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de OD aumenta a 4.69 mg/L, sobrepasando los 4 mg/L de OD que debe contar el agua de riego, según el ECA Agua 2017 Categoría 3. La concentración de OD inicial es de 3.85 mg/L, teniendo una variación positiva de 0.84 mg/L.

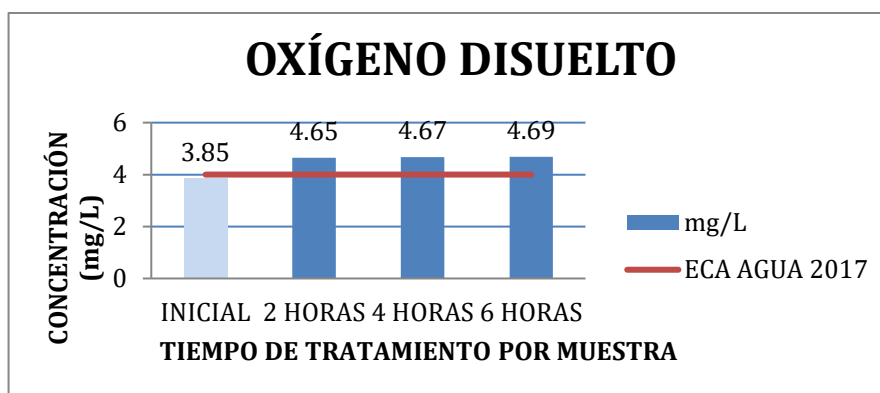


Figura 37. Variación del parámetro oxígeno disuelto luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Variación de la concentración del DBO después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 38** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de DBO disminuye a 109.6 mg/L, según el ECA Agua 2017 categoría 3 el agua de riego debe de contar con 15 mg/L de DBO. La concentración de DBO inicial es de 129.8 mg/L, teniendo una variación decreciente positiva de 20.2 mg/L.

Variación de la concentración del DBO después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 38** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de DBO disminuye a 107 mg/L, según el ECA Agua 2017 categoría 3 el agua de riego debe de contar con 15 mg/L de DBO. La concentración de DBO inicial es de 129.8 mg/L, teniendo una variación decreciente positiva de 22.8 mg/L.

Variación de la concentración del DBO después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 38** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de DBO disminuye a 80.7 mg/L, según el ECA Agua 2017 categoría 3 el agua de riego debe de contar con 15 mg/L de DBO. La concentración de DBO inicial es de 129.8 mg/L, teniendo una variación decreciente positiva de 29.1 mg/L.

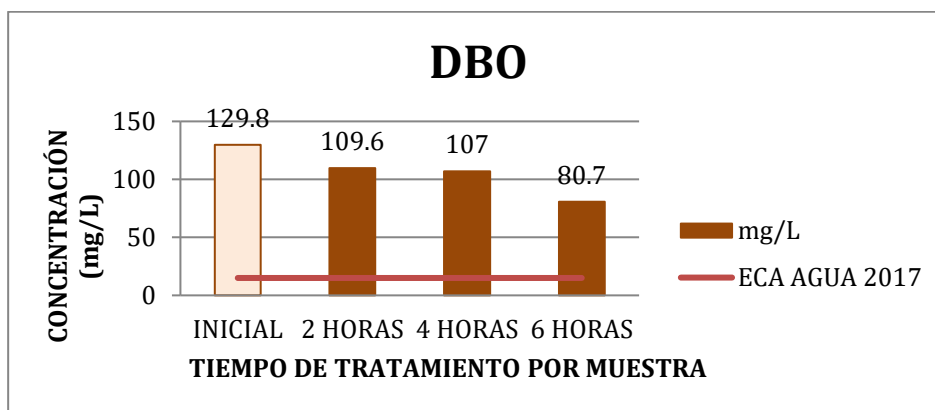


Figura 38. Variación del parámetro DBO luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas.

➤ Aceites y grasas

Variación de la concentración de Aceites y grasas después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 39** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Aceites y Grasas disminuye a 10.9 mg/L, la concentración de Aceites y Grasas inicial es de 12.9, teniendo una variación decreciente positiva de 2 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 las concentraciones de Aceites y Grasas son de 5 mg/L, las concentraciones presentes aun sobrepasan las concentraciones de Estándar de Calidad de Agua de Riego.

Variación de la concentración de Aceites y grasas después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 39** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Aceites y Grasas disminuye a 10.5 mg/L, la concentración de Aceites y Grasas inicial es de 12.9, teniendo una variación decreciente positiva de 2.4 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 las concentraciones de Aceites y Grasas son de 5 mg/L, las concentraciones presentes aun sobrepasan las concentraciones de Estándar de Calidad de Agua de Riego.

Variación de la concentración de Aceites y grasas después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 39** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Aceites y Grasas disminuye a 1.66 mg/L, la concentración de Aceites y Grasas inicial es de 12.9, teniendo una variación decreciente positiva de 11.24 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 las concentraciones de Aceites y Grasas son de 5 mg/L, las concentraciones presentes no exceden las concentraciones de Estándar de Calidad de Agua de Riego, siendo óptimo.

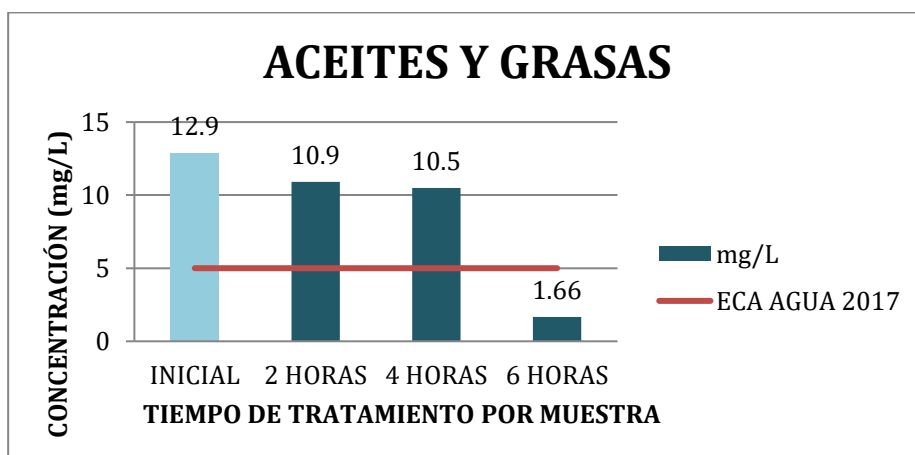


Figura 39. Variación del parámetro aceites y grasas luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas.

➤ Potencial de Hidrógeno (pH)

Variación de la concentración del pH después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 40** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro pH se manifiesta dentro

del rango que exige el ECA Agua categoría 3 2017, de 6.5 a 8.5 de unidades de pH, siendo el inicial de 7.4, a las 2 horas varían a 7.9.

Variación de la concentración del pH después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 40** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro pH se manifiesta dentro del rango que exige el ECA Agua categoría 3 2017, de 6.5 a 8.5 de unidades de pH, siendo el inicial de 7.4, a las 2 horas varían a 8.1

Variación de la concentración del pH después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 40** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro pH se manifiesta dentro del rango que exige el ECA Agua categoría 3 2017, de 6.5 a 8.5 de unidades de pH, siendo el inicial de 7.4, a las 2 horas varían a 8.3.

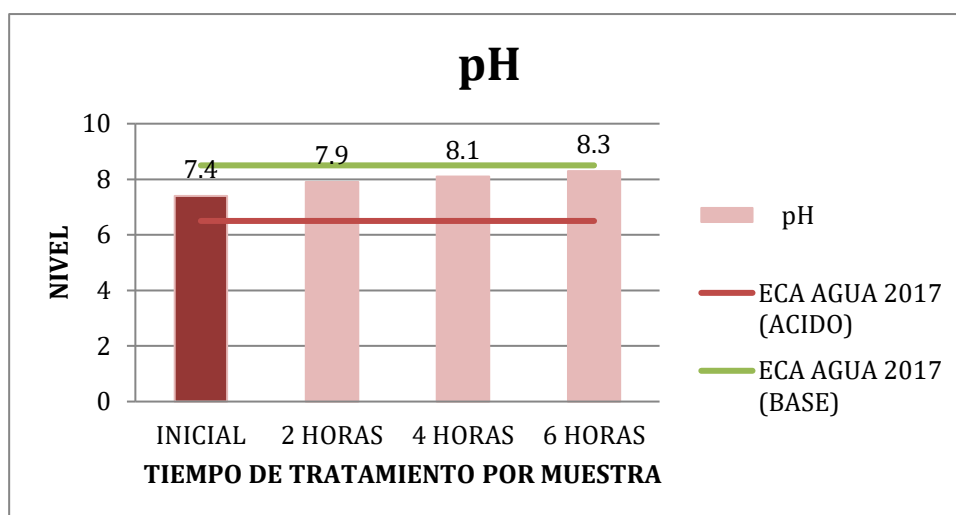


Figura 40. Variación del parámetro pH luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas

➤ Nitritos + nitratos

Variación de la concentración de nitritos + nitrato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 41** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Nitritos+Nitratos disminuye a 0.114 mg/L, la concentración de Nitritos+Nitratos inicial es de 0.15 mg/L, teniendo una variación decreciente de 0.036 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración

de Nitritos+Nitratos son de 100 mg/L, las concentraciones presentes no alcanzan a las concentraciones estándar de calidad de agua de riego

Variación de la concentración de nitritos+nitrato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 41** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Nitritos+Nitratos disminuye a 0.104 mg/L, la concentración de Nitritos+Nitratos inicial es de 0.15 mg/L, teniendo una variación decreciente de 0.046 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de Nitritos+Nitratos son de 100 mg/L, las concentraciones presentes no alcanzan a las concentraciones estándar de calidad de agua de riego

Variación de la concentración de nitritos+nitrato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 41** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Nitritos+Nitratos disminuye a 0.09 mg/L, la concentración de Nitritos+Nitratos inicial es de 0.150 mg/L, teniendo una variación decreciente de 0.06mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de Nitritos+Nitratos son de 100 mg/L, las concentraciones presentes no alcanzan a las concentraciones estándar de calidad de agua de riego

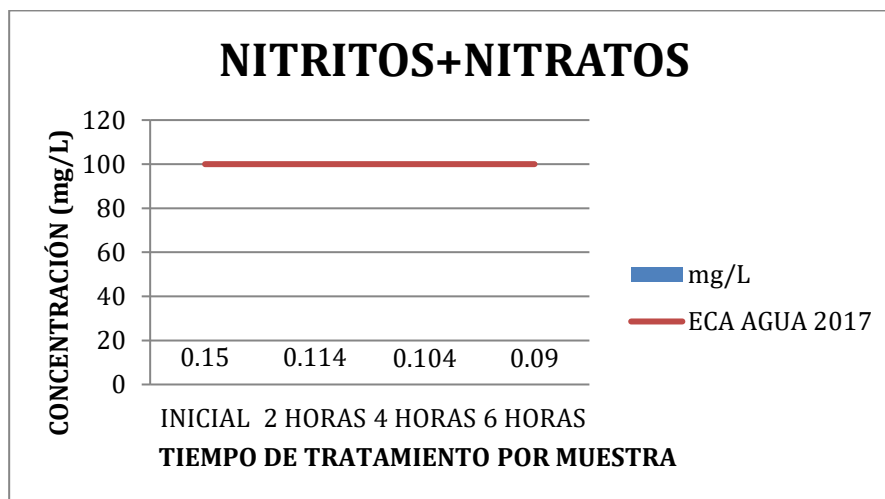


Figura 41. Variación del parámetro Nitritos+ Nitratos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas

➤ Sulfato

Variación de la concentración del Sulfato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 42** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Sulfato aumenta a 49.8 mg/L, la concentración de Sulfato inicial es de 41.2 mg/L, teniendo una variación positiva de 8.6 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de Sulfato es de 1000 mg/L, sin embargo, las concentraciones presentes no llegan a alcanzar la concentración establecida en los Estándares de Calidad de Agua para Riego.

Variación de la concentración del Sulfato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 42** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Sulfato aumenta a 54.2 mg/L, la concentración de Sulfato inicial es de 41.2 mg/L, teniendo una variación positiva de 13 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de Sulfato es de 1000 mg/L, sin embargo, las concentraciones presentes no llegan a alcanzar la concentración establecida en los Estándares de Calidad de Agua para Riego.

Variación de la concentración del Sulfato después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 42** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Sulfato aumenta a 112 mg/L, la concentración de Sulfato inicial es de 41.2 mg/L, teniendo una variación positiva de 70.8 mg/L. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de Sulfato es de 1000 mg/L, sin embargo, las concentraciones presentes no llegan a alcanzar la concentración establecida en los Estándares de Calidad de Agua para Riego.

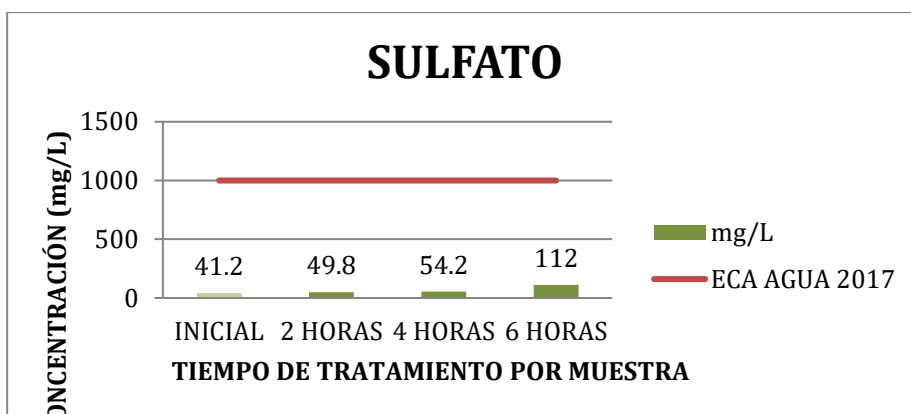


Figura 42. Variación del parámetro Sulfato luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas

➤ Coliformes termotolerantes

Variación de la concentración de Coliformes Termotolerantes después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 43** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Coliformes Termotolerantes disminuye a 600000 NMP/100 ml, la concentración de Coliformes Termotolerantes inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 1700000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3, la concentración de Coliformes Termotolerantes es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a las concentraciones Estándar de Calidad de Agua de Riego.

Variación de la concentración de Coliformes Termotolerantes después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 43** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Coliformes Termotolerantes disminuye a 240000 NMP/100 ml, la concentración de Coliformes Termotolerantes inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 2060000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3, la concentración de Coliformes Termotolerantes es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a las concentraciones Estándar de Calidad de Agua de Riego, sin embargo, se ve una gran mejoría.

Variación de la concentración de Coliformes Termotolerantes después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 43** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de Coliformes Termotolerantes disminuye a 49000 NMP/100 ml, la concentración de Coliformes Termotolerantes inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 2251000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3, la concentración de Coliformes Termotolerantes es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a las concentraciones Estándar de Calidad de Agua de Riego, sin embargo, se redujo en un gran porcentaje.

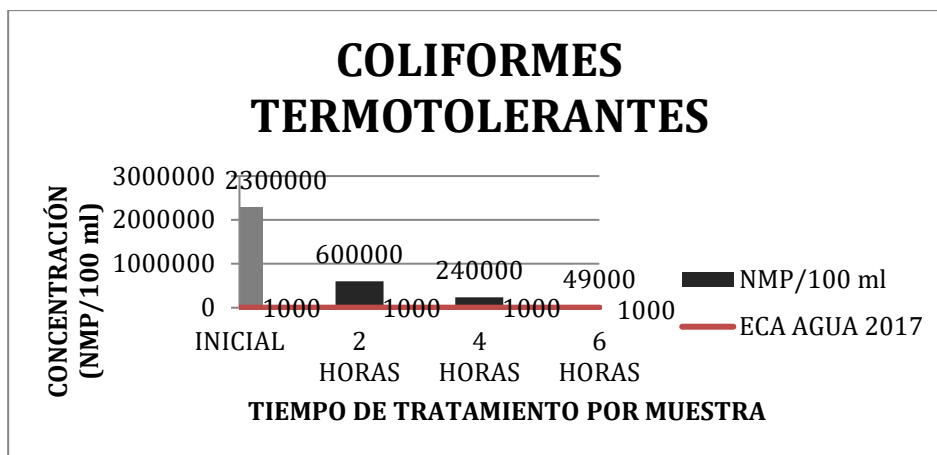


Figura 43. Variación del parámetro Coliformes Termotolerantes luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas

➤ *Escherichia coli*

Variación de la concentración de *Escherichia coli* después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2 horas de tratamiento.

En la **Figura 44** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 2 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de *Escherichia coli* disminuye a 600000 NMP/100 ml, la concentración de *Escherichia coli* inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 1700000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de *Escherichia coli* es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a las concentraciones estándar de calidad de agua de riego.

Variación de la concentración de *Escherichia coli* después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 44** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 4 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de *Escherichia coli* disminuye a 240000 NMP/100 ml, la concentración de *Escherichia coli* inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 2060000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de *Escherichia coli* es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a las concentraciones estándar de calidad de agua de riego.

Variación de la concentración de *Escherichia coli* después de usar el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 6 horas de tratamiento.

En la **Figura 44** se observa que al realizar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno durante 6 horas en el agua de la acequia Pro-Lima, el parámetro de *Escherichia coli* disminuye a 33 000 NMP/100 ml, la concentración de *Escherichia coli* inicial es de 2300000 NMP/100 ml, teniendo una variación positiva de 2267000 NMP/100 ml. Según el ECA Agua 2017 categoría 3 la concentración de *Escherichia coli* es de 1000 NMP/100 ml, las concentraciones presentes exceden a lo establecido en el estándar de calidad de agua de riego, sin embargo, se afirma que se redujo en un gran porcentaje.

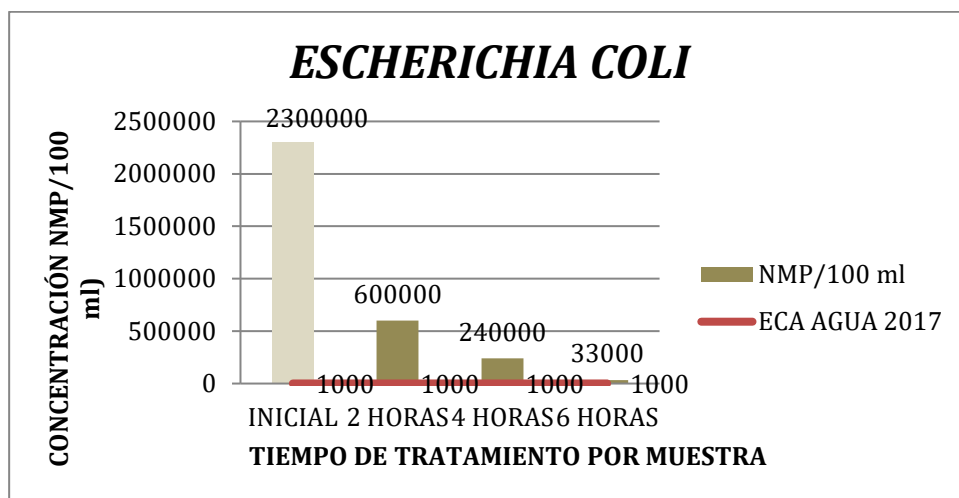


Figura 44. Variación del parámetro *Escherichia coli* luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima durante 2, 4 y 6 horas 6 horas

3.5 Eficiencia del tratamiento de oxigenación mediante microburbujas

Mediante la fórmula N°5 se obtuvo los porcentajes de eficiencias, representados en siguientes tablas:

Tabla 11. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en distintas horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos

| EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE OXIGENACIÓN A MICROBURBUJAS | | | |
|-----------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| PARÁMETRO QUÍMICO | 2 horas | 4 horas | 6 horas |
| Oxígeno disuelto | 21% | 21% | 22% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 16% | 18% | 38% |
| Aceites y grasas | 16% | 19% | 87% |
| pH | 7% | 10% | 12% |
| Nitritos +Nitratos | 24% | 31% | 40% |
| Sulfato | 21% | 32% | 171% |
| PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO | 2 horas | 4 horas | 6 horas |
| Coliformes termotolerantes | 74% | 90% | 98% |
| <i>Escherichia coli</i> | 74% | 90% | 99% |

Tabla 12. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 2 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos

| 2 HORAS DE TRATAMIENTO | | |
|-------------------------------|------------|--------|
| PARÁMETRO QUÍMICO | EFICIENCIA | TOTAL |
| Oxígeno disuelto | 21% | 17.50% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 16% | |
| Aceites y grasas | 16% | |
| pH | 7% | |
| Nitritos +Nitratos | 24% | |
| Sulfato | 21% | |
| PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO | EFICIENCIA | TOTAL |
| Coliformes termotolerantes | 74% | 74% |
| <i>Escherichia coli</i> | 74% | |

Tabla 13. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 4 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos

| 4 HORAS DE TRATAMIENTO | | |
|-------------------------------|------------|--------|
| PARÁMETRO QUÍMICO | EFICIENCIA | TOTAL |
| Oxígeno disuelto | 21% | 22.00% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 18% | |
| Aceites y grasas | 19% | |
| pH | 10% | |
| Nitritos +Nitratos | 31% | |
| Sulfato | 32% | |
| PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO | EFICIENCIA | |
| Coliformes termotolerantes | 90% | 90% |
| <i>Escherichia coli</i> | 90% | |

Tabla 14. Porcentajes de eficiencia del tratamiento en 6 horas para el mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos

| 6 HORAS DE TRATAMIENTO | | |
|-------------------------------|------------|--------|
| PARÁMETRO QUÍMICO | EFICIENCIA | TOTAL |
| Oxígeno disuelto | 22% | 62.00% |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 38% | |
| Aceites y grasas | 87% | |
| pH | 12% | |
| Nitritos +Nitratos | 40% | |
| Sulfato | 171% | |
| PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO | EFICIENCIA | |
| Coliformes termotolerantes | 98% | 98.5% |
| <i>Escherichia coli</i> | 99% | |

- **Resultado descriptivo de la eficiencia del tratamiento de oxigenación mediante microburbujas**

En la **Figura 45** muestra que el parámetro químico que mejores resultados presentó fue el sulfato a las 6 horas de tratamiento con una eficiencia del 171%. La máquina generadora de oxígeno de microburbujas es un tratamiento que en este proyecto vio sus mejores resultados en el parámetro sulfato a diferencia de los otros parámetros químicos, y estos resultados son reflejados en sus

tres distintos tiempos de tratamientos con un 21% en 2 horas de tratamiento y 32% en 4 horas de tratamiento.

En la **Figura 45** muestra que el parámetro químico que menor nivel de eficiencia obtuvo fue el pH en 2 horas de tratamiento con una eficiencia del 7%. Pese a que el nivel de eficiencia es el más bajo a comparación de los otros parámetros químicos los resultados obtenidos fueron concentraciones que cumplían el rango de calidad establecido por el ECA Agua categoría 3, 2017.

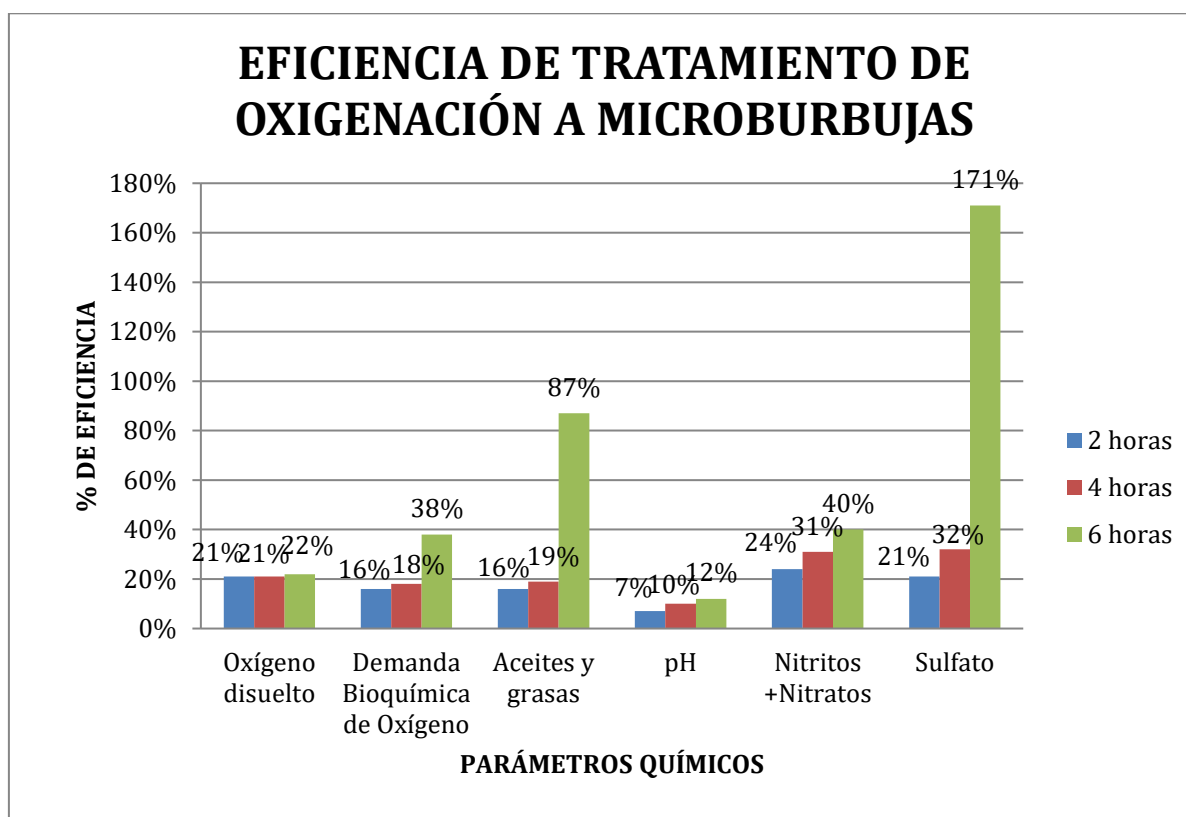


Figura 45. Variación de la eficiencia de los parámetros químicos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima

En la **Figura 46** muestra que el parámetro microbiológico que mejores resultados presentó fue la *Escherichia coli* a las 6 horas de tratamiento con una eficiencia del 98.5%. La máquina generadora de oxígeno de microburbujas es un tratamiento que en este proyecto vio que los resultados, medidos en concentraciones, obtenidos en las 2 horas y 4 horas de tratamiento entre

el parámetro *Escherichia coli* y coliformes termotolerantes eran iguales, finalmente el nivel de eficiencia fue de 74% y 90% respectivamente.

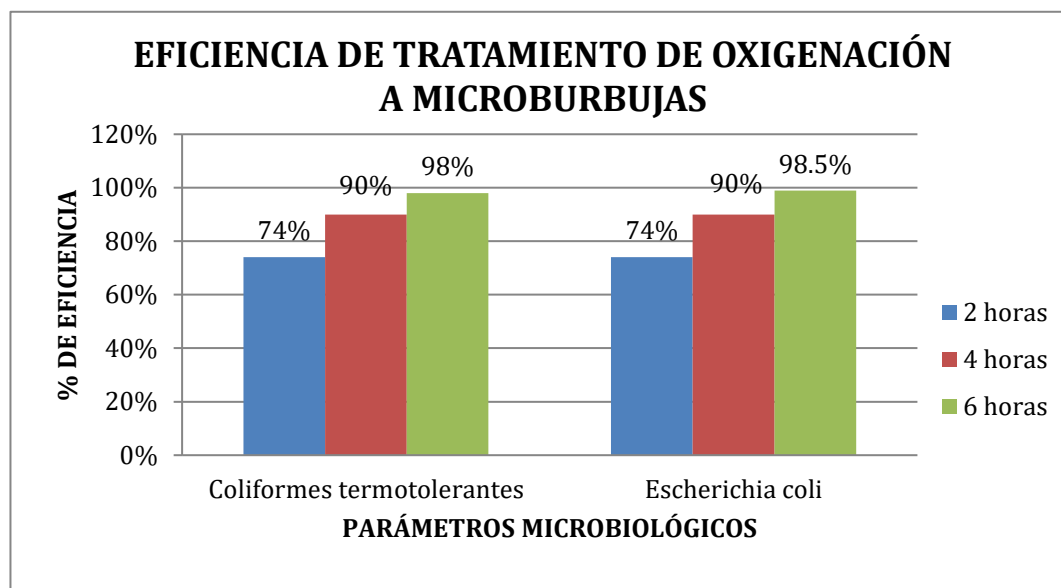


Figura 46. Variación de la eficiencia de los parámetros microbiológicos luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima

En la **Figura 47** demuestra que el generador de oxígeno de microburbujas con el que se trabajó en este proyecto proporcionó mejores resultados en cuanto a la mejora de la calidad de agua de los parámetros microbiológicos con una eficiencia del 99% de eficiencia con 6 horas de tratamiento, además el nivel de eficiencia que presenta en las 2 horas y 4 horas de tratamiento de oxigenación son mayores al de los parámetros químicos.

Así mismo, se muestra el menor porcentaje de eficiencia de los parámetros químicos a diferencia de los parámetros microbiológicos. Cabe recalcar que a las 6 horas del tratamiento da una eficiencia global de 80%.

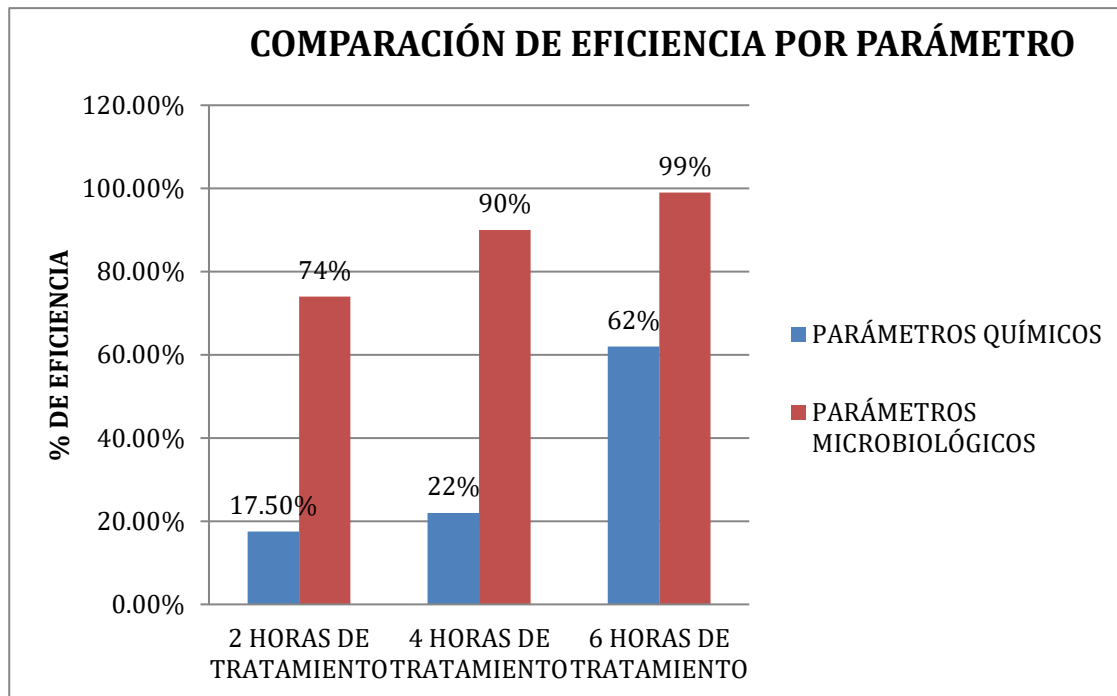


Figura 47. Comparación de la eficiencia de los parámetros luego de aplicar el tratamiento de oxigenación con el generador de oxígeno de microburbujas en el agua de la acequia Pro-Lima en distintos intervalos de tiempo

3.6 Eficiencia de la máquina mediante el método de transferencia de oxígeno

Utilizando la fórmula N°06:

$$C = c_s - (c_s - c_o) \exp(-K_{ta} * t)$$

Dónde:

C: concentración de oxígeno

Cs: concentración de oxígeno disuelto en equilibrio cuando el tiempo se acerca al infinito.

Co: concentración de OD en tiempo cero

T: tiempo

K_{ta}: Coeficiente de transferencia de masa

Hallando el coeficiente de transferencia de oxígeno:

- Tratamiento 1 (2 horas):

$$4.65 = 4 - (4 - 3.85)^{(-K_{ta} \cdot 2)}$$

$$K_{ta} = - 0.1135$$

- Tratamiento 2 (4 horas):

$$4.67 = 4 - (4 - 3.85)^{(-K_{ta} \cdot 4)}$$

$$K_{ta} = - 0.0528$$

- Tratamiento 3 (6 horas):

$$4.69 = 4 - (4 - 3.85)^{(-K_{ta} \cdot 6)}$$

$$K_{ta} = - 0.0326$$

3.7 Resultados estadísticos

- **T-Student para una muestra**

Resultados de la calidad química-biológica del agua de riego que posee el Vivero Municipal de Los Olivos.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula: El generador de oxígeno mediante microburbujas no es la tecnología más eficaz para mejorar un 80% los parámetros químicos y microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

Hipótesis Alternativa: El generador de oxígeno mediante microburbujas, es la tecnología más eficaz para mejorar un 80% los parámetros químicos y microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

Tabla 15. Prueba T de muestra única para el generador de oxígeno mediante microburbujas.

| Prueba de muestra única | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|----|------------------|----------------------|------------------------------------------------|--------------|
| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| OD | 460,646 | 8 | ,000 | 4,670000 | 4,64662 | 4,69338 |
| DBO | 21,424 | 8 | ,000 | 99,100000 | 88,43309 | 109,76691 |
| ACEITESYGRASAS | 5,096 | 8 | ,001 | 7,686667 | 4,20802 | 11,16531 |
| NITRITOSNITRATOS | 8,212 | 8 | ,000 | ,094556 | ,06800 | ,12111 |
| SULFATO | 7,212 | 8 | ,000 | 71,888889 | 48,90236 | 94,87542 |
| COLIFORMESTERMOTOLERANTES | 3,669 | 8 | ,006 | 296333,333333 | 110083,54327 | 482583,12339 |
| ESCHERICHIACOLI | 3,513 | 8 | ,008 | 291000,000000 | 100001,45758 | 481998,54242 |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 15 indica el resultado de la prueba T de una muestra única para el generador de oxígeno mediante microburbujas en relación a los parámetros químicos-microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*). Además, se observa en la tabla que los valores de “p” son menores a 0,05; por lo que se acepta la Hipótesis Alternativa o de investigación y se rechaza la Hipótesis Nula.

- **Comparación de medias para dos muestras relacionadas.**

Resultados de la eficiencia de remoción de los parámetros químico-microbiológicos del agua de riego que posee el Vivero Municipal de Los Olivos después de utilizar el generador de oxígeno mediante microburbujas.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula: El generador de oxígeno mediante microburbujas no logra remover los parámetros químicos y microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

Hipótesis Alternativa: El generador de oxígeno mediante microburbujas, logra remover los parámetros químicos y microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos.

Tabla 16. Prueba de muestras relacionadas.

| | Diferencias emparejadas | | | | | t | gl | Sig. (bilateral) |
|------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|---------------|----------|----|---------------------|
| | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Par 1 ODi - ODf | -,83000 | ,02449 | ,00816 | -,84883 | -,81117 | -101,654 | 8 | ,000 |
| Par 2 DBOi - DBOf | 30,60000 | 13,87588 | 4,62529 | 19,93406 | 41,26594 | 6,616 | 8 | ,000 |
| Par 3 ACEITESYGRASASi - ACEITESYGRASASf | 5,11333 | 4,52630 | 1,50877 | 1,63411 | 8,59255 | 3,389 | 8 | ,010 |
| Par 4 PHi - PHf | -,80000 | ,23452 | ,07817 | -,98027 | -,61973 | -10,234 | 8 | ,000 |
| Par 5 NITRITOSNITRATOSi - NITRITOSNITRATOSf | ,04544 | ,03179 | ,01060 | ,02101 | ,06988 | 4,288 | 8 | ,003 |
| Par 6 SULFATOi - SULFATOf | -30,65556 | 29,90523 | 9,96841 | -53,64275 | -7,66836 | -3,075 | 8 | ,015 |
| Par 7 COLIFORMESi - COLIFORMESf | 2003666,66667 | 242301,98101 | 80767,32700 | 1817416,87661 | 2189916,45673 | 24,808 | 8 | ,000 |
| Par 8 ECOLIi - ECOLIf | 2009000,00000 | 248479,87847 | 82826,62616 | 1818001,45758 | 2199998,54242 | 24,255 | 8 | ,000 |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 16 muestra los resultados de la Prueba de muestras relacionadas para el generador de oxígeno mediante microburbujas que son menores a 0,05 para todo los parámetros químico-microbiológicos, por lo que se acepta la Hipótesis de Investigación y se rechaza la Hipótesis Nula.

CONCLUSIÓN: Hay diferencias estadísticamente significativas de todos los parámetros entre el análisis inicial y final. Es decir, los parámetros químico-bilógicos cambiaron entre la muestra inicial (antes de usar el prototipo) y después de utilizar el generador de oxígeno mediante microburbujas.

- **ANOVA**

Análisis estadístico para la prueba de hipótesis: Para determinar el tiempo de retención hidráulica más eficaz (2, 4 y 6 horas) en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis Nula: El tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar los parámetros químicos-microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos no es de 6 horas.

Hipótesis Alternativa: El tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar los parámetros químicos-microbiológicos (OD, DBO, Aceites y grasas, Nitritos-Nitratos, Sulfato, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

- ✓ **OD**

Tabla 17. Análisis de varianza para el parámetro OD.

| ANOVA | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| OD | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | ,002 | 2 | ,001 | 1,440 | ,045 |
| Dentro de grupos | ,005 | 6 | ,001 | | |
| Total | ,007 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 17 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de OD del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 18. Prueba de Tukey del parámetro OD en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas

OD
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
|------|---|---------------------------------|
| | | 1 |
| 6 | 3 | 4,69000 |
| 4 | 3 | 4,67000 |
| 2 | 3 | 4,65000 |
| Sig. | | ,281 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 18 se observa que para el parámetro de OD en el generador de oxígeno a microburbujas, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tiempos de retención hidráulica.

✓ **DBO**

Tabla 19. Análisis de varianza para el parámetro DBO

ANOVA

DBO

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|----------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 1533,660 | 2 | 766,830 | 662,965 | ,000 |
| Dentro de grupos | 6,940 | 6 | 1,157 | | |
| Total | 1540,600 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 19 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de DBO del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 20. Prueba de Tukey del parámetro DBO en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

DBO
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|------|---|------------------------------|-----------|
| | | 1 | 2 |
| 6 | 3 | 80,70000 | |
| 4 | 3 | | 107,00000 |
| 2 | 3 | | 109,60000 |
| Sig. | | 1,000 | ,057 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 20 se observa que, para el parámetro de DBO en el generador de oxígeno a microburbujas, el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas, y no hay diferencia significativa entre los tiempos de retención hidráulica de 4 y 2 horas.

✓ **ACEITES Y GRASAS**

Tabla 21. Análisis de varianza para el parámetro Aceites y grasas.

ANOVA

ACEITESYGRASAS

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| Entre grupos | 163,683 | 2 | 81,842 | 3034,917 | ,000 |
| Dentro de grupos | ,162 | 6 | ,027 | | |
| Total | 163,845 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 21 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de aceites y grasas del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 22. Prueba de Tukey del parámetro de aceites y grasas en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

ACEITESYGRASAS

HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|------|---|------------------------------|----------|
| | | 1 | 2 |
| 6 | 3 | 1,66000 | |
| 4 | 3 | | 10,50000 |
| 2 | 3 | | 10,90000 |
| Sig. | | 1,000 | ,056 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 22 se observa que, para el parámetro de aceites y grasas en el generador de oxígeno a microburbujas, el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas, y no hay diferencia significativa entre los tiempos de retención hidráulica de 4 y 2 horas.

✓ pH

Tabla 23. Análisis de varianza para el parámetro pH.

ANOVA
PH

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | ,327 | 2 | ,163 | 10,500 | ,011 |
| Dentro de grupos | ,093 | 6 | ,016 | | |
| Total | ,420 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 23 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de pH del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 24. Prueba de Tukey del parámetro de pH en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

| PH | | | |
|------------------------|---|------------------------------|---------|
| HSD Tukey ^a | | | |
| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 2 | 3 | 7,86667 | |
| 4 | 3 | 8,10000 | 8,10000 |
| 6 | 3 | | 8,33333 |
| Sig. | | ,133 | ,133 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 24 se observa que, para el parámetro de pH en el generador de oxígeno a microburbujas, el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas, y no hay diferencia significativa entre los tiempos de retención hidráulica de 4 y 2 horas.

✓ **NITRITOS Y NITRATOS**

Tabla 25. Análisis de varianza para el parámetro nitritos y nitratos.

| ANOVA | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| NITRITOSNITRATOS | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | ,004 | 2 | ,002 | 2,077 | ,206 |
| Dentro de grupos | ,006 | 6 | ,001 | | |
| Total | ,010 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 25 muestra el resultado, donde el valor de “p” es mayor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de nitritos y nitratos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos no es de 6 horas

Tabla 26. Prueba de Tukey del parámetro de nitritos y nitratos en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

NITRITOSNITRATOS
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
|------|---|---------------------------------|
| | | 1 |
| 6 | 3 | ,06567 |
| 4 | 3 | ,10400 |
| 2 | 3 | ,11400 |
| Sig. | | ,211 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 26 se observa que, para el parámetro de nitritos y nitratos en el generador de oxígeno a microburbujas, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tiempos de retención hidráulica.

✓ **SULFATO**

Tabla 27. Análisis de varianza para el parámetro de Sulfatos.

ANOVA

SULFATO

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|----------------------|----|------------------|----------|------|
| Entre grupos | 7149,262 | 2 | 3574,631 | 4371,152 | ,000 |
| Dentro de grupos | 4,907 | 6 | ,818 | | |
| Total | 7154,169 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 27 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de sulfatos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 28. Prueba de Tukey del parámetro de sulfato en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

SULFATO
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|------|---|------------------------------|----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 2 | 3 | 49,80000 | | |
| 4 | 3 | | 54,20000 | |
| 6 | 3 | | | 111,66667 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 28 se observa que para el parámetro de sulfato en el generador de oxígeno de microburbujas hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tiempos, y se deduce que el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas porque el sulfato subió.

✓ **COLIFORMES TERMOTOLERANTES**

Tabla 29. Análisis de varianza para el parámetro de Coliformes termotolerantes

ANOVA

COLIFORMESTERMOTOLERANTES

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------------|------|
| Entre grupos | 469682000000,00 | 2 | 234841000000,00 | 58710250000,00 | ,000 |
| Dentro de grupos | 24,000 | 6 | 4,000 | | |
| Total | 469682000024,00 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 29 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de Coliformes termotolerantes del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 30. Prueba de Tukey del parámetro de Coliformes termotolerantes en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

COLIFORMESTERMOTOLERANTES
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|------|---|------------------------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 3 | 49000,00000 | | |
| 4 | 3 | | 240000,00000 | |
| 2 | 3 | | | 600000,00000 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 30 se observa que para el parámetro de Coliformes termotolerantes en el generador de oxígeno de microburbujas hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tiempo de retención hidráulica, y se observa que el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas.

✓ **ESCHERICHIA COLI**

Tabla 31. Análisis de varianza para el parámetro de *Escherichia coli*.

ANOVA

ESCHERICHIA COLI

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------------|------|
| Entre grupos | 493938000000,00 | 2 | 246969000000,00 | 61742250000,00 | ,000 |
| Dentro de grupos | 24,000 | 6 | 4,000 | | |
| Total | 493938000024,00 | 8 | | | |

INTERPRETACIÓN: La Tabla 31 muestra el resultado, donde el valor de “p” es menor a 0,05; por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se niega la hipótesis nula. Donde el tiempo de tratamiento adecuado por el generador de oxígeno de microburbujas para mejorar el parámetro de *Escherichia coli* del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos es de 6 horas.

Tabla 32. Prueba de Tukey del parámetro de *Escherichia coli* en relación al tiempo de retención hidráulica en el generador de oxígeno mediante microburbujas.

ESCHERICHIA COLI
HSD Tukey^a

| HORA | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|------|---|------------------------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 3 | 33000,00000 | | |
| 4 | 3 | | 240000,00000 | |
| 2 | 3 | | | 600000,00000 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

INTERPRETACIÓN: Por medio de la prueba de Tukey en la Tabla 32 se observa que para el parámetro de *Escherichia coli* en el generador de oxígeno de microburbujas hay diferencias estadísticamente significativas entre los 3 tiempo de retención hidráulica, y se observa que el tiempo de retención hidráulica óptimo es de 6 horas.

IV. DISCUSIÓN

En este trabajo de investigación se tuvo como objetivo mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua residual de la acequia Pro-Lima, la cual se utiliza para el riego de plantas ornamentales del Vivero Municipal de Los Olivos, como: la duranta, margarita amarilla manzanilla, hiedra, cinta de novia, geranio, entre otras.

Estudios anteriores, revelan la situación crítica del agua del río Chillón y a la vez sus canales de regadío (acequia), los que en su mayoría presentan niveles altos de demanda bioquímica de oxígeno, **Razuri (2017)** en su trabajo de investigación menciona que esto se debe a las constantes descargas de aguas servidas por parte de industrias cercana a la zona como a las aguas residuales domésticas, encontrando concentraciones del parámetro en mención en intervalos de 65.4 mg/L y 83.04 mg/L cuando no debería sobrepasar los 15 mg/L según lo establecido por los Estándares de Calidad Ambiental del Agua de Riego, para corroborar con ello, se realizó un análisis de dicho acequia, obteniendo como resultado 129.8 mg/L de DBO, asimismo, se evaluó otros parámetros como el oxígeno disuelto, aceites y grasas, pH. Nitritos y nitratos, sulfato, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, los cuales no presentaron las concentraciones adecuadas según normativa ambiental.

Por tal motivo, se realizó el tratamiento de microburbujeo a través de un generador de oxígeno diseñado por las autoras. **Li, et al. (2017)**, indica que la implementación de un sistema de aireación a través de microburbujeo es altamente eficiente, ya que mientras más pequeña la burbuja más eficaz será el proceso. **Salguero (2017)** aplicó el tratamiento de micronanoburbujeo con aire y ozono en el agua de la cuenca baja del río Chillón, en intervalos de 5, 10 y 15 minutos en una muestra de 20 litros, logrando la reducción del contaminante en 15 minutos obteniendo así, una nueva concentración de DBO_5 de 57.33 mg/L a comparación del inicial que fue mayor a 170 mg/L, teniendo un nivel de eficiencia de 66.86%, en contraste, con la aplicación de nuestro generador de oxígeno a microburbuja la eficiencia de reducción en cuanto al DBO fue de 38% en un intervalo de 6 horas, teniendo en consideración que la muestra fue de 60 litros y el tamaño de burbuja fue mayor. Sin embargo, la eficiencia global de los parámetros químicos y microbiológicos fue del 80% y por separado se logró un 62% y 98.5% de mejoramiento respectivamente, siendo representativo y semejante al estudio de **Zhang, et al. (2018)** que aplicó el tratamiento de microburbujeo para efluentes textiles, obteniendo un 75% de eficiencia en la capacidad oxidativa para la eliminación del contaminante.

Con respecto a los parámetros químicos, tenemos el oxígeno disuelto que según el análisis inicial de la muestra del agua de la acequia dio 3.85 mg/L ligeramente menor a lo estipulado en el estándar de calidad del agua de riego, pero después del tratamiento de microburbujas de oxígeno durante 2 horas, se elevó la concentración siendo óptima, y en los intervalos de 4 y 6 horas se obtuvo un aumento leve lo cual, se contrastó con el método de transferencia de oxígeno en los distintos tiempos, afirmando que en 6 horas se obtiene un nivel adecuado de oxígeno y la mayor eficiencia del sistema, cabe mencionar que el método mencionado es inversamente proporcional a la cantidad de bacterias anaerobias, por lo que se deduce que a mayor tiempo de tratamiento menor concentración de *Escherichia coli*.

La alta concentración de DBO en el agua residual de la acequia Pro-Lima se debe a la existencia de una gran carga orgánica, por lo cual, al momento de inyectar el oxígeno durante 6 horas, se acelera el proceso de descomposición de la materia por parte de las bacterias aeróbicas, reflejado en la disminución de su concentración a 80.7 mg/L.

Los aceites y grasas son componentes que se encuentran presentes en el agua residual y que tiene una mayor tendencia a oxidarse, consumiendo una considerable concentración de oxígeno, pero no son fácilmente degradables aeróbicamente, por lo que éstas se pueden mantener presentes en todo el proceso, puesto que algunos sedimentan con los lodos característicos del agua residual, sin embargo al momento de aplicar el tratamiento de microburbujeo durante 6 horas, el contexto fue distinto, ya que los aceites flotaron a la superficie y nos ayudamos con un filtro para retirarlos, haciendo que la concentración de estos disminuyan en un 87% con respecto al inicial.

El potencial de hidrógeno se mantuvo en el rango de 6.5 a 8.5 cumpliendo con el Estándar de Calidad para agua de riego, asimismo, es importante mantener el pH para que los microorganismos puedan estabilizar la materia orgánica. Este parámetro influye en los nutrientes como es el caso del nitrógeno orgánico amoniacal presente en el agua residual, el cual, al contacto con el oxígeno disuelto, se transforma por oxidación en nitritos y nitratos, al aplicar el tratamiento se obtuvo una reducción de 40% de las concentraciones iniciales, minimizando la tasa de crecimiento de los microorganismos, por el contrario, el sulfato tuvo un crecimiento de 171%, a pesar de ello, no sobrepasó los estándares de calidad, siendo aceptable el aumento.

En relación con los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos sometidos al tratamiento de oxigenación durante 6 horas se puede inferir que la eficiencia es mayor, casi llegando al 99% de

reducción, puesto que el *Escherichia coli* al ser una bacteria anaeróbica disminuye con el aumento de oxígeno, asimismo, se identificó que en el agua residual existía presencia de protozoarios como la *Giardia lamblia* que actúa como antibiótico ante esta bacteria reduciendo su población, de igual forma se debe tener en cuenta que el *E.coli* no debe de llegar a cero ya que, es inversamente proporcional a los protozoarios.

V. CONCLUSIONES

- El nivel de mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos una vez utilizado el generador de oxígeno de microburbujas fue de 80%, afirmando que es un tratamiento eficaz para mejorar la calidad del agua residual destinada a riego de plantas ornamentales, particularmente en la concentración de oxígeno disuelto se obtuvo 4.69 mg/L siendo óptimo según lo establecido en el Estándar de Calidad Ambiental (ECA- Categoría 3), demanda bioquímica de oxígeno se redujo considerablemente a 80.7 mg/L, en el caso de las grasas 1.66 mg/L encontrándose por debajo del ECA, asimismo, el pH estuvo en un rango neutro, mientras que los nutrientes como el nitrito y nitrato se redujeron a concentraciones mínimas de 0.09 mg/L, por el contrario, el sulfato aumentó a 112 mg/L encontrándose debajo la normativa ambiental, los coliformes termotolerantes y el *Escherichia coli* fueron los parámetros que mejores resultados obtuvieron, llegando a 49 000 NMP/100 ml y 33 000 NMP/100 ml respectivamente.
- El tiempo de tratamiento adecuado que el generador de oxígeno mediante burbujas necesitó para mejorar en un 62% los parámetros químicos y un 98.5% los parámetros microbiológicos del agua para riego del vivero Municipal de Los Olivos fueron de 6 horas, resaltando la mejor reducción en las concentraciones de *Escherichia coli* con un 99% de eficiencia.
- El porcentaje global de eficiencia que tuvo el generador de oxígeno de microburbujas para los parámetros químicos del agua para riego del vivero Municipal de Los Olivos fue de 62%, específicamente el oxígeno disuelto y el sulfato aumentaron en 22% y 171% respectivamente, por otro lado, la demanda bioquímica de oxígeno, aceites y grasas, nitritos y nitratos disminuyeron en 38%, 87%, 40% respectivamente, mientras tanto, el pH aumentó manteniéndose en el rango de 6.5 a 8.5

- El porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos después del tratamiento de 6 horas por el generador de oxígeno de microburbujas fue del 98.5% siendo notable, en el caso de la concentración de coliformes termotolerantes llegó a 49 000 NMP/100 ml representando una disminución de 98% y el *E.coli* obtuvo 33 000 NMP/100 ml que es igual al 99%.

VI. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones del tema, se recomienda realizar con tratamiento de mayor tiempo (más de 6 horas), de manera que se pueda tener la certeza del tiempo de saturación, con estos datos se pueden tener resultados más fidedignos y menos empíricos.
- Se recomienda tener toda la indumentaria correcta para evitar accidentes o contaminación a la muestra durante el proceso de tratamiento y recolección de muestras, de esta manera se evitará variaciones o resultados alterados.
- Se recomienda contar con una poza de tratamiento más ancha que alta, esto te permitirá abarcar un mayor volumen y evitar la instalación de una bomba de agua para utilizar el agua tratada.
- En base a los niveles de mejoramiento obtenidos en los parámetros químicos, se recomienda realizar un post-tratamiento con el generador, de manera que las concentraciones de los parámetros químicos sean tan eficientes como la de los microbiológicos.
- Realizar un filtro fino en la boca de la poza de tratamiento, con el objetivo de reducir sólidos suspendidos, un pre-filtro te permite reducir el nivel de contaminantes de algunos parámetros químicos, realizando un pretratamiento se puede reducir el tiempo de oxigenación, por lo tanto, aumenta la eficiencia.
- Se recomienda realizar este tipo de proyectos en los meses de enero a abril, siendo temporadas en las que la probabilidad de que se encuentre la cuenca seca es baja, de tal manera se evita retraso alguno con dicho proyecto

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIREACIÓN con Difusores de Microburbujas de Cerámica [en línea]. Buenos aires: International Aquafeed and Fish Farming Technology, s.f. [Fecha de consulta: 27 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://aquafeed.co/entrada/aireacion-con-difusores-de-microburbujas-de-ceramica-19792/>
- ALBANESI, Sebastián; JAYAT, Pablo y BROWN, Alejandro. Mortalidad de mamíferos y medidas de mitigación en canales de riego del piedemonte de Yungas de la alta cuenca del río Bermejo, Argentina [en línea]. Argentina. 2016 [Fecha de consulta: 05 de julio de 2018]. Disponible en: http://www.scielo.org/ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-93832016000200021
- APELLA, María y ARAUJO, Paula. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. Revista Tecnia [en línea]. Julio de 2005. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2018]. Disponible en: https://www.academia.edu/34684045/Leccion_4_02_Capitulo?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page.
- AZEVEDO, André. Dispersiones acuosas de nanoburbujas: generación, propiedades y características. Revista ScienceDirect [en línea]. Vol.94, agosto de 2016. [Fecha de consulta: 15 de mayo] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687516301212>
- AZNAR, Antonio. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Revista Gestión Ambiental [en línea]. Vol 2, n°23, 2010. [Fecha de consulta: 11 de mayo] Disponible en: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- BARONA, Fernando. Influencia de la distribución de tamaño de burbujas en la recuperación de la flotación para minerales de cobre. Tesis (Magíster en Ciencias de la Ingeniería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2007. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102883/Influencia-de-la-distribucion-del-tamano-de-burbujas-en-la-recuperacion-de-la-flotacion.pdf?sequence=3>

- BOSSTECH. El gran potencial de las microburbujas [en línea]. Lima: Perú, 2018. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://bosstech.pe/blog/el-gran-potencial-de-las-nano-burbujas/>
- CHÁVEZ, María. Determinación del coeficiente de transferencia de oxígeno en aguas residuales como parámetro para el dimensionamiento del equipo de aireación de un biodigestor aeróbico. Tesis (Titulación para Ingeniero Químico). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0898_Q.pdf
- D'ALESSANDRI, Mariana. Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las plantas de producción. Tesis (Titulación para ingeniero Químico). Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 2012. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000155546.pdf>
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.
- DIRECTIVA MARCO DEL AGUA. Conceptos y principios básicos de la Directiva Marco del Agua [en línea]. Cataluña: Agencia Catalana del Agua, 2003. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2018]. Disponible en: http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/es/planificacio/Principis_DMA_es.pdf
- DURAN, Esteban y ROJAS, Gerardo. Modelación de la transferencia de oxígeno en sistemas de aeración mediante modelo de dos zonas simplificado. Revista Ciencia y Tecnología [en línea]. Diciembre 2006, n°2. [Fecha de consulta: 29 de junio de 2018] Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/download/2641/2592>
ISSN: 0378-0524
- EGAS, Franz, et al. Evaluación de la calidad del agua del río Chillón - Puente Piedra mediante parámetros físico- químicos [en línea]. Universidad Católica Sedes Sapientiae: Scribd, 2017 [Fecha de consulta: 9 de junio de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/351309318/Evaluacion-de-la-calidad-de-agua-del-rio-Chillon-mediante-parametros-fisicos-quimicos-Final-Monitoreo>

- EL ESPECTADOR. Tecnología colombiana revoluciona tratamiento de agua en sector de hidrocarburos [en línea]. Colombia: 2014. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2018]. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1548328775?accountid=37408>
- EMPRESA coreana desarrolla generador de microburbujas para su uso en la acuicultura [en línea]. Chimbote: Revista LACQUA, 2017. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.aquahoy.com/noticias/general/25627-empresa-coreana-desarrolla-generador-de-microburbujas-para-su-uso-en-la-acuicultura>
- ESPIGARES, Miguel. y PÉREZ, José. Composición de las aguas residuales [en línea]. España: Servicio de Publicaciones Granada, 2017. [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2018] Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- FÉLEZ, Marta. Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos. Tesis (Titulación para ingeniero Químico Industrial). España: Universidad Politécnica de Cataluña, 2009. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6263>
- FISCALIZACIÓN Ambiental de Aguas residuales [en línea]. Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2017. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- FLORES, Raúl; HERRERA, Lucila y HERNANDEZ, Verónica. Ecología y medio ambiente [en línea]. México: Cengage Learning Editores, 2008. [Fecha de consulta: 16 de julio de 2018]. Disponible en: https://www.academia.edu/33374622/Ecolog%C3%ADa_y_medio_ambiente?bulkDownload=thisPaper-topRelated-sameAuthor-citingThis-citedByThis-secondOrderCitations&from=cover_page
- GÓMEZ, Rodrigo. Evaluación del efecto-mezcla en la oxidación del hierro para la potabilización de agua. Tesis (Titulación para ingeniero Civil). Chile: Universidad del Bío-Bío, 2013. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2332/3/Gomez_Nunez_Rodrigo_Armando.pdf
- GUTIÉRREZ, Daniela y GARCÍA, Francy. Diseño y operación de un reactor de lecho móvil aerobio para tratamiento de agua residual doméstica. Tesis (Titulación para ingeniero Civil). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2018. Disponible en:

[https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia%2cGuti%
c3%a9rrezDaniela%2c2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia%2cGuti%c3%a9rrezDaniela%2c2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación [en línea]. 6°. ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2018] Disponible en: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxjb250YWR1cmlhcHVibGljYTk5MDUxMHxneDo0NmMxMTY0NzkxNzliZmYw>
- LEZAMA, Martha. Evaluación de Coliformes y Enterobacterias patógenas como potencial de riesgo de contaminación del agua de riego en la cuenca baja del río Moche, Trujillo, Perú. Tesis (Doctor en Ciencias de la Salud) Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018. Disponible en: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4053/1/re_doc_ccss_martha.lezama_e
valuacion.coliformes.enterobacterias_datos.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/4053/1/re_doc_ccss_martha.lezama_evaluacion.coliformes.enterobacterias_datos.pdf)
- LI, Pan; et al. Efectos de la ozonización de microburbujas en la formación de subproductos de desinfección en agua que contiene bromuro del lago Tai [en línea]. China, 2017. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://sci-hub.tw/10.1016/j.seppur.2017.11.049>
- LIU, Shu; et al. Mejora de pretratamiento (coagulación-flotación y ozonización) de Younger lixiviados por microburbujas [en línea]. China, 2010. [Fecha de consulta: 17 de marzo de 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/45422470_Improved_Pretreatment_Coagulation-Floatation_and_Ozonation_of_Younger_Landfill_Leachate_by_Microbubble
- MACASSI, Giuliana. Comportamiento del sistema de nanoburbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas de la provincia de concepción. Tesis (Titulación para Ingeniero Químico Ambiental) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2017. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3777/Macassi%20Allasi.pdf?seq
uence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3777/Macassi%20Allasi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MONROY, Krystel. Evaluación de la eficiencia de las técnicas aeróbicas (burbuja fina, burbuja gruesa y aireador ventiri jet) a utilizar en el tratamiento de agua residual domiciliar para el sistema de lodos activados en modalidad de aireación extendida. Tesis (Titulación para ingeniera Química). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1156_Q.pdf

- MORETA, Juan Carlos. La eutrofización de los lagos y sus consecuencias. Tesis (Titulación para ingeniero Ambiental) Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2011. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/720/2/06%20NUT%20099%20TESIS.pdf>.
- ORELLANA, Jorge. Ingeniería sanitaria [en línea]. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario, 2005. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2018]. Unidad temática N°6 Tratamientos de las aguas. Disponible en: https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
- PEDRERO, Sonia. Detección y caracterización de virus patógenos humanos en muestras ambientales y moluscos bivalvo [en línea]. España: Universidad de Barcelona, 2002. [Fecha de consulta: 14 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/19921048.pdf>.
- PEÑA, Evelyn. Oxígeno Disuelto [en línea]. Colombia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007. [Fecha de consulta: 2 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- PÉREZ, Carlos. Diseño y cálculo del tratamiento secundario mediante aireación prolongada de una EDARU. Tesis (Maestría en ciencias ambientales). España: Universidad Carlos III de Madrid, 2012. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16081/PFC_Carlos_Perez_Pardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PEREZ, Ana y SERNAQUE, Krishna. Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Chiclayo por medio de lodos activados a través de aireación extendida. Tesis (Titulación para ingeniero Químico) Perú: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, 2016. Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3894/BC-TES-TMP-2723.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- PH y alcalinidad [en línea]. Miami: LENNTECH, 2018. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/ph-y-alkalinidad.htm>

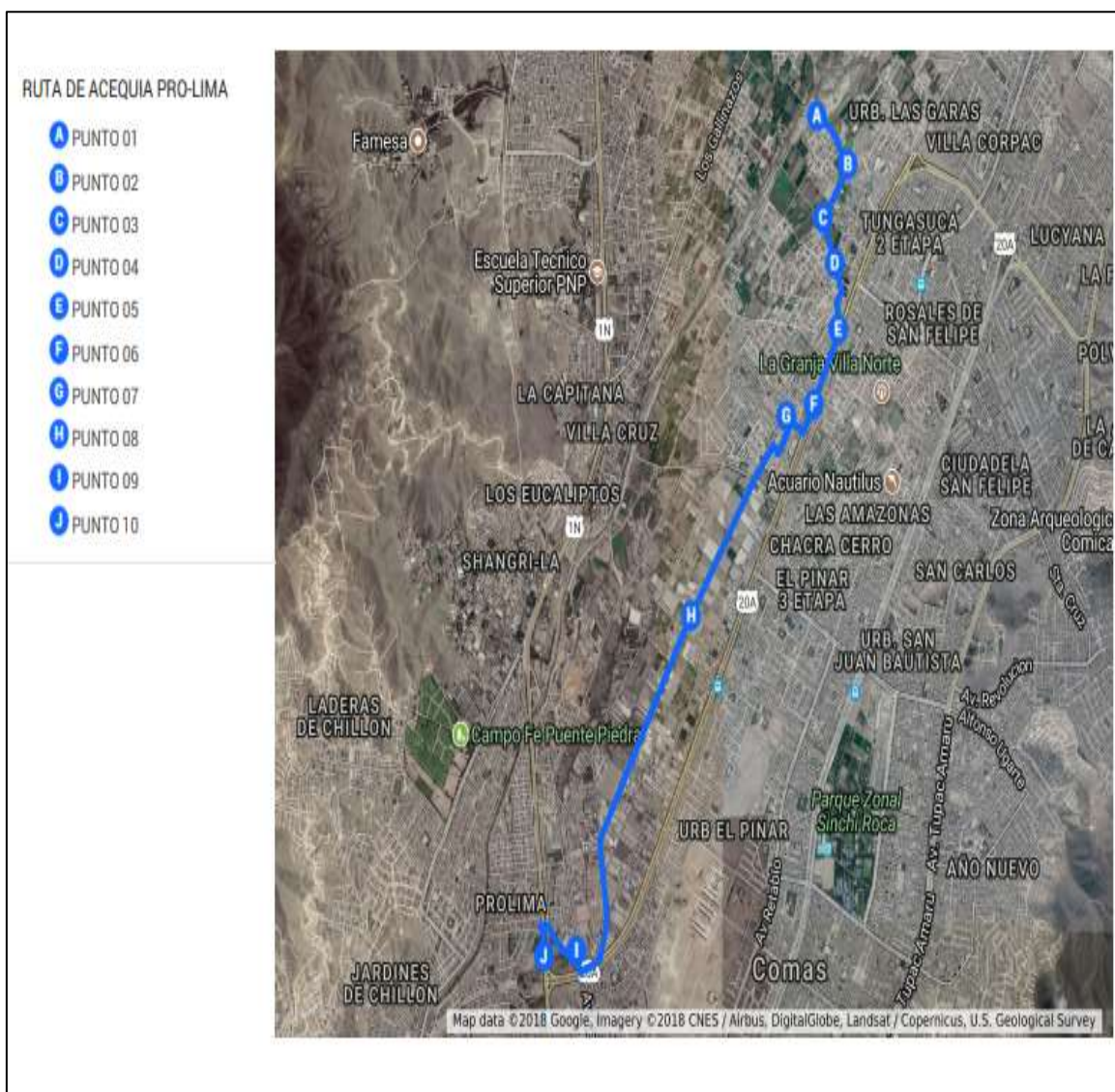
- PROYECTO subsectorial de irrigación [en línea]. Perú: Ministerio de Agricultura MINAGRI, 2003. [Fecha de consulta: 17 de agosto de 2018]. Disponible en: http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_agua.pdf
- RAZURI, Estefany. Disminución del contenido de la DBO y la DQO mediante coagulantes naturales (áloe vera l y opuntia ficus indica) en las aguas del canal de riego E-8 Chuquitanta - San Martín de Porres. Tesis (Título en ingeniería ambiental). Perú: Universidad César Vallejo Lima Norte, 2017. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2018]. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3588/Razuri_MKE.pdf?sequence=1.
- RIEGO y oxígeno [noticia en línea] España: MARLOW, Douglas. (6 de junio del 2009). [Fecha de consulta: 4 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/miscelaneos/riego-y-oxigeno/>
- RIVAS, Carlos y MOTA, María. Bacterias anaerobias [en línea]. Uruguay: Oficina del Libro FEFMUR, 2006. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2018]. Temas de Bacteriología y Virología Médica. Disponible en: https://www.academia.edu/39647922/temas_de_bacteriolog%c3%8da_y_virolog%c3%8da_m%c3%89dica_bacterias_anaerobias?bulkdownload=thispaper-toprelated-sameauthor-citingthis-citedbythissecondordercitations&from=cover_page
- RODRÍGUEZ, María. Comprobación del cumplimiento normativo de las aguas residuales de la planta tratadora Gómez Palacio. Tesis (Título de ingeniero en procesos ambientales). México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2012. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2635/maria%20gudalupe%20rodg%20herrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ROJAS, Ricardo. Sistemas de tratamiento de aguas residuales. Gestión integral de tratamiento de aguas residuales [en línea]. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente, 2002. [Fecha de consulta: 2 de junio del 2018]. Disponible en: https://www.academia.edu/37172484/curso_internacional_geti%c3%93n_integral_de_tratamiento_de_aguas_residuales_25_al_27_de_setiembre_de_2002?bulkdownload=thispaper-toprelated-sameauthor-citingthis-citedbythissecondordercitations&from=cover_page

- SALGUERO, Jazmín. Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las muestras de agua de la cuenca baja del Río Chillón mediante micronanoburbujas de Aire y Ozono, distrito de Ventanilla. Tesis (Título en ingeniería ambiental). Perú: Universidad César Vallejo Lima Norte, 2017. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2018]. Disponible en:
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/3606/Salguero_SJS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SÁNCHEZ, Ramón. Evaluación de las áreas bajo riesgo afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina. FAO, 2015. [Fecha de consulta: 9 de junio de 2018]. Disponible en:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/utf017arg/anexosyapendices/5._Documento_Estimaci%C3%B3n_Areas_Salinas_en_Argentina.pdf
- SÁNCHEZ, Jairo y JIMÉNEZ, Nickol. Evaluación de la tasa de transferencia de oxígeno de un aireador tipo eyector en agua residual de una industria avícola [en línea]. Colombia: Universidad de La Salle, 2014. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2018]. Disponible en:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1964&context=ing_ambiental_sanitaria.
- SOTO, Francisco. Bases de la vida: Fuentes de energía y materia prima en los seres vivos [en línea]. Costa Rica: Alianza SIDALC, 2012. [Fecha de consulta: 5 de agosto de 2018]. Ciencias naturales, primer ciclo de la educación media de adultos. Disponible en:
<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bacdig.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=009633>
- TAMAYO, Christian, ORTIZ, Randon y CEPEDA, Darío. Sistemas de producción campesinos y gestión social de riego: el caso de la acequia Mocha-Huachi. Dialnet [en línea]. 15 de agosto del 2017, Vol 4, n°1. [Fecha de consulta: 11 de julio de 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6220186>
ISSN Electrónica 2477-8850
- TERASAKA, Koichi; et al. Desarrollo de microburbujas aireador para el tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados. SCIENCE DIRECT [En línea]. 15 de julio del 2011, n°14. [Fecha de consulta: 9 de junio de 2018]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250911001382>

- TERRONES, Alexander y HERRERA, Carol. Calidad del agua en la cuenca baja del río Chillón en épocas de estiaje y riego por el uso directo en riego agrícola [en línea]. Perú: Universidad Nacional del Callao, 2015. [Fecha de consulta: 9 de junio del 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1480>
- TORRES, Darwin. Caracterización microbiológica del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ubicada en el campus de la Universidad Militar Nueva Granada. Tesis (Título en ingeniería Civil). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2011. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2018]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/9344/torresmartinezdarwinleandro2012.pdf;jsessionid=cb0384423f4c6385f8ffd77e77ff83e6?sequence=2&fbclid=iwar3lu694snqipooadfpd3bgqz0oplfndeebksvq3j0zhftmpxkiqkwg-9c>
- VIDALES, Amelia, LEOS, Mariana y CAMPOS, María. Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una industria automotriz. *Conciencia Tecnológica* [en línea] Junio-diciembre 2010, n°40. [Fecha de consulta: 9 de junio de 2018] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3664694.pdf>
- ZHANG, J., et al. Efecto sinérgico de las microburbujas y el carbón en el tratamiento de ozonización de las aguas residuales de teñido sintético. *SCIENCEDIRECT* [En línea]. 3 de febrero de 2018. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://sci-hub.tw/10.1016/j.seppur.2018.02.003>
- ZIMMERMAN, William; et al. Sobre el diseño y la simulación de un biorreactor de circuito de transporte aéreo con generación de microburbujas mediante oscilación fluídica. *SCIENCEDIRECT* [En línea]. Setiembre 2009, n°3. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308509000418>
- ZIMMERMAN, William [et al]. Diseño de un biorreactor bucle de puente aéreo y el piloto escalas estudios con microburbujas de oscilador fluídica inducida para el crecimiento de una microalga *Dunaliella salina*. *SCIENCEDIRECT* [En línea]. 11 de octubre 2011, n°10. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261911001127>

ANEXOS

Anexo I. Ruta de la acequia Pro Lima



Anexo 2. Matriz de consistencia

| MATRIZ DE CONSISTENCIA | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Variables | Dimensiones | Problemas | Objetivos |
| Variable independiente: Uso del Generador de oxígeno de microburbujas | Tamaño de las burbujas | Problema general: ¿Cuál es el nivel de mejora de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos utilizando el generador de oxígeno a microburbujas? | Objetivo general: Determinar el nivel de mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos utilizando el generador de oxígeno a microburbujas |
| | Porcentaje de eficiencia del uso del generador de oxígeno de microburbujas | | |
| Variable dependiente: Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de los Olivos. | Tiempo de tratamiento (horas) | Problemas específicos: - ¿Cuál es el tiempo de tratamiento adecuado para que el generador de oxígeno mediante microburbujas mejore los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos? - ¿Cuál es el porcentaje de eficiencia que tiene el generador de oxígeno mediante microburbujas para mejorar los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos? - ¿Cuál es el porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos después del tratamiento por el generador de oxígeno mediante microburbujas? | Objetivos específicos: - Determinar el tiempo de tratamiento adecuado para que el generador de oxígeno mediante microburbujas permita mejorar los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos. - Determinar el porcentaje de eficiencia que tiene el generador de oxígeno mediante microburbujas nivel para mejorar los parámetros químicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos. - Determinar el porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos del agua de riego del Vivero Municipal de Los Olivos después del tratamiento por el generador de oxígeno a microburbujas. |
| | Porcentaje de eficiencia en la mejora de los parámetros químicos (Oxígeno disuelto, DBO, pH, Nitratos + Nitritos, Sulfatos, Aceites y grasas) | | |
| | Porcentaje de reducción de los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y <i>Escherichia coli</i>) | | |



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: D. DOMINGO GALANZ, Juli Juan
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formula de Tarea de Matem. I, II - Nivel de 6.º Ab.
 1.4. Autor(A) de instrumento: Concha Cosco, Lima - Obispo Príncipe, Marilina

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 3. ACTUALIDAD | Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | / | / | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis. | | | | | | | | | | | / | / | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | / | / | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :



85%

Lima, 27 del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0844730161640



I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón, Cesar Eduardo
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fórmula de Toma de Decisiones I, II, Dúo de A.G.B.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Sánchez Coarico, Emma y Obregón Priíncipe, Moralia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | / | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | / | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la Investigación. | | | | | | | | | | | / | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | / | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | / | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis. | | | | | | | | | | | / | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | / | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores | | | | | | | | | | | / | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia respalde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | / | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | / | | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| Si |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

97 %

Lima, 08/06 del 2018

Cesar Eduardo Jiménez Calderón
 Dr. Cesar Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. / Mg. Tello Mendivel, Verónica
 1.2. Cargo e institución donde labora Directora - Director de la Oficina de Inv. Amb.
 1.3. Especialidad del validador Especialista en Ciencias Ambientales
 1.4. Nombre del instrumento Manual de Toma de Muestras T y H - Distrito de San Diego de Acuña
 1.5. Título de la investigación Digitización de la calidad de agua de riego mediante el uso de
 1.6. Autor del instrumento Carocha Cueva, Susana - Cheyón, Pineda, Flor de

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MÍNIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Está formulado con lenguaje comprensible | | | | | | | | | | / | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Está adherido a las leyes y principios científicos | | | | | | | | | | / | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Está adherido a los objetivos y las necesidades reales de la investigación | | | | | | | | | | / | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica | | | | | | | | | | / | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | / | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis | | | | | | | | | | / | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos teóricos y científicos | | | | | | | | | | / | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores | | | | | | | | | | / | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis | | | | | | | | | | / | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adscripción al Método Científico | | | | | | | | | | / | | | |
| PROMEDIO DE VALIDACIÓN | | | | | | | | | | | / | | | |

PERTINENCIA DE LOS ÍTEMES O REATIVOS DEL INSTRUMENTO

| INSTRUMENTO | SUFICIENTE | MEDIANAMENTE SUFICIENTE | INSUFICIENTE |
|-------------|------------|-------------------------|--------------|
| | / | | |
| | | | |
| | | | |

- III. PROMEDIO DE VALORACIÓN 85 IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborada
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha:


 Firma del experto informante
DNI N° 89440836Teléfono 888272212



I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Tello Mendivel, Verónica
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - Director de Escuela Ing. Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Form. de Tarea de Análisis y Diseño de Cos. de Calidad
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Carcho, Coarco, Estan y Quiroz Príncipe, Marcela

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | / | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | / | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | / | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | / | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales. | | | | | | | | | | / | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis. | | | | | | | | | | / | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | / | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | / | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | / | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | / | | | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| Si |
| No |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :


| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 03/06 del 2018

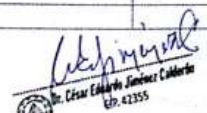
[Firma]
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No 8041336 Telf.: 99592212


Anexo 4. Ficha de formato de toma de muestra inicial

| | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | "MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO MEDIANTE UN GENERADOR DE OXÍGENO A MICROBURBUJAS APROVECHANDO LA ENERGÍA SOLAR EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018" FORMATO DE TOMA DE MUESTRA | | | | | | |
| DATOS PERSONALES | | | | | | | | |
| NOMBRES Y APELLIDOS | Erika Cancho Ccaico | | | | Morelia Obregón Príncipe | | | |
| FACULTAD | INGENIERIA AMBIENTAL | | | | | | | |
| LUGAR | | | | | | | | |
| E-MAIL | erikac.ccaico@gmail.com | | | | morelia.obregon.principe@gmail.com | | | |
| FECHA | | | | | | | | |

| VARIABLE DEPENDIENTE | Parámetros químicos | | | | | | Parámetros microbiológicos | |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| | Oxígeno disuelto | Demanda Bioquímica de Oxígeno | Potencial de Hidrógeno | Nitratos + nitritos | Sulfatos | Aceites y grasas | Coliformes Termotolerantes | Escherichia coli |
| Repetición | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial | Análisis Inicial |
| R1 | | | | | | | | |
| R2 | | | | | | | | |
| R3 | | | | | | | | |


 Dr. César Eduardo Sánchez Calderón
 CIP. 42355


Anexo 5. Formato de ficha de observación validado

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|------------------------------------|--|--|--|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | "MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO MEDIANTE UN GENERADOR DE OXÍGENO A MICROBURBUJAS APROVECHANDO LA ENERGÍA SOLAR EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018" FORMATO DE FICHA DE OBSERVACIÓN | | | | | | |
| DATOS PERSONALES | | | | | | | | |
| NOMBRES Y APELLIDOS | Erika Cancho Ccaico | | | | Morelia Obregón Príncipe | | | |
| FACULTAD | INGENIERIA AMBIENTAL | | | | | | | |
| LUGAR | | | | | | | | |
| E-MAIL | erikac.ccaico@gmail.com | | | | morelia.obregon.principe@gmail.com | | | |
| FECHA | | | | | | | | |


| VARIABLE INDEPENDIENTE | Características del generador de oxígeno | | | | | | | | |
|------------------------|------------------------------------------|--|--|-----------|--|--|------------------------|--|--|
| Repetición | Potencia de la bomba | | | Velocidad | | | Tamaño de las burbujas | | |
| R1 | | | | | | | | | |
| R2 | | | | | | | | | |
| R3 | | | | | | | | | |

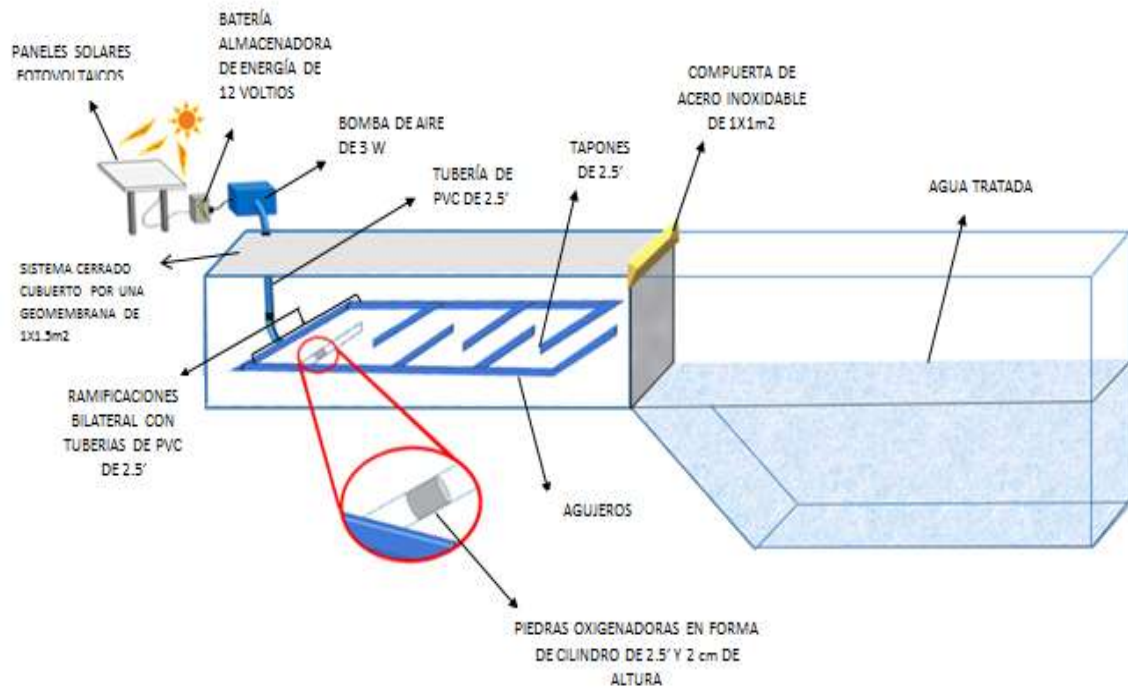
| VARIABLE DEPENDIENTE | Parámetros químicos | | | | | | | | | | | | Parámetro microbiológicas | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|---|---|-------------------------------|---|---|------------------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------------|---|---|------------------|---|---|----------------------------|---|---|------------------|---|---|
| | Oxígeno disuelto | | | Demanda Bioquímica de Oxígeno | | | Potencial de Hidrógeno | | | Nitratos + nitritos | | | Sulfatos | | | Aceites y grasas | | | Coliformes Termotolerantes | | | Escherichia coli | | |
| Repetición | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| R1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| R3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR | |
|----------------------------------------|--------|
| A | 15 min |
| B | 30 min |
| C | 45 min |


 Dr. César Eduardo Sánchez Calderón
 CIP. 42355

Anexo 6. Características físicas del diseño del generador de oxígeno mediante microburbujas

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | MEJORAMIENTO DE LOS PARAMETROS QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE RIEGO MEDIANTE UN GENERADOR DE OXÍGENO A MICROBURBUJAS APROVECHANDO LA ENERGÍA SOLAR EN EL VIVERO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018* |
| | CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR DE OXÍGENO MEDIANTE MICROBURBUJAS APROVECHANDO ENERGÍA SOLAR |



Anexo7. Resultado de Análisis Inicial por parte del laboratorio CERPER



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 1-12302/18

Pág. 1/2

Solicitante : CANCHO CCAICO, ERIKA
 Domicilio legal : Jiron Junín 396 - Int. F - Lima - Lima - Lima
 Producto declarado : AGUA RESIDUAL
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 3,025 L
 Muestra proporcionada por el solicitante
 Identificación de la muestra : ACEQUIA PRO-LIMA
 FECHA Y HORA DE MUESTREO: 2018-11-13 / 12:00
 Forma de Presentación : En frasco de plástico, cerrado, refrigerado y preservado
 Fecha de recepción : 2018-11-13
 Fecha de inicio del ensayo : 2018-11-13
 Fecha de término del ensayo : 2018-11-21
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental / Microbiología
 Identificado con : H/S 18011273 (EXMA-16054-2018)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Análisis Físico Químico:

| Ensayos | LD | Unidad | Resultados |
|-------------------------------|-------|----------------------|------------|
| Acidez y Grasas | 0,50 | mg/L | 12,9 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 2,0 | mg/L | 139,8 |
| Amoníaco | 0,024 | mgNH ₄ /L | 0,02 |
| Oxígeno Disuelto | 0,05 | mg/L | 3,95 |
| Sulfuros | 0,001 | mg/L | 3,65 |
| pH | - | - | 7,40 |

LD: Límite de detección

Análisis Microbiológico:

| Ensayos | Unidad | Resultados |
|----------------------------|------------|------------|
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 2 300 000 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 2 300 000 |



CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 801, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

AREQUIPA
Calle Teniente Rodríguez N° 1415
Miraflores - Arequipa
T. (054) 265572

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos A - 2 - Piura
T. (073) 322 908 / 9075 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

Anexo 8. Resultados de Análisis final de tratamientos por parte del laboratorio CERPER



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003



INFORME DE ENSAYO N° 1-14060/18

Pág. 1/2

Solicitante : OBREGON PRINCIPE, MORELIA
 Domicilio legal : Asoc. Santa Barbara Mz E Ll. 23 - 2da Etapa - Puente Piedra - Lima - Lima
 Producto declarado : AGUA RESIDUAL
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 1 muestra x 5,625 L
 Muestra proporcionada por el solicitante
 Identificación de la muestra : ACEQUIA PRO-LIMA 3
 FM: 2018-11-13 18:30
 Forma de Presentación : En frasco de plástico cerrado y refrigerado.
 Fecha de recepción : 2018 - 11 - 14
 Fecha de inicio del ensayo : 2018 - 11 - 14
 Fecha de término del ensayo : 2018 - 11 - 21
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental / Laboratorio Microbiología
 Identificado con : HS 18012563 (EXMA-17962-2018)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para las muestras descritas

Análisis de Finis Químico:

| Ensayos | LD | Unidad | Resultados | |
|----------------------------------|-------------|--------|------------|--------|
| Aniones por Cromatografía Iónica | Bromuro | 0,008 | mg/L | 0,44 |
| | Cloruro | 0,08 | mg/L | 188 |
| | Fluoruro | 0,002 | mg/L | 0,357 |
| | Nitrato | 0,008 | mg/L | 0,107 |
| | Nitró | 0,003 | mg/L | <0,007 |
| | Criofosfato | 0,02 | mg/L | 0,254 |
| | Sulfato | 0,06 | mg/L | 48,8 |
| Acidos y Grasas | 0,5 | mg/L | 10,9 | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 2,00 | mg/L | 108,8 | |
| Nitrogeno Amomiacal | 0,02 | mg/L | 34,7 | |
| Oxígeno Disuelto | 0,05 | mg/L | 4,08 | |
| Sulfuro(s) | 0,001 | mg/L | <0,001 | |
| pH | - | - | 7,9 | |

LD: Límite de detección

Análisis Microbiológico:

| Ensayos | Unidad | Resultado |
|--------------------|------------|-----------|
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | 600 000 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 600 000 |



CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
 T. (511) 319 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores - Arequipa
 T. (054) 265572

CHIMBOTE
 Av. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (049) 311 048

PIURA
 Urb. Angamos A - 2 - Piura
 T. (073) 322 808 / 9975 63161

*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

INFORME DE ENSAYO N° 1-14060/18

Pág. 1/2

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Solicitante | : OBREGON PRINCIPE, MORELIA |
| Domicilio legal | : Asoc. Santa Barbara Mz E Lt. 23 - 2da Etapa - Puente Piedra - Lima - Lima |
| Producto declarado | : AGUA RESIDUAL |
| Cantidad de Muestras para el Ensayo | : 1 muestra x 5,625 L Muestra proporcionada por el solicitante |
| Identificación de la muestra | : ACEQUIA PRO-LIMA 3 FM: 2018-11-13 16:30 |
| Forma de Presentación | : En frasco de plástico cerrado y refrigerado. |
| Fecha de recepción | : 2018 - 11 - 14 |
| Fecha de inicio del ensayo | : 2018 - 11 - 14 |
| Fecha de término del ensayo | : 2018 - 11 - 21 |
| Ensayo realizado en | : Laboratorio Ambiental / Laboratorio Microbiología |
| Identificado con | : HS 18012563 (EXMA-17962-2018) |
| Validez del documento | : Este documento es válido solo para las muestras descritas |

Análisis de Físico Químico:

| Ensayos | LD | Unidad | Resultados |
|----------------------------------|-------------|------------|------------|
| Aniones por Cromatografía Iónica | Bromuro | 0,008 mg/L | 0,449 |
| | Cloruro | 0,03 mg/L | 184 |
| | Fluoruro | 0,002 mg/L | 0,357 |
| | Nitrato | 0,009 mg/L | 0,087 |
| | Nitrato | 0,007 mg/L | <0,007 |
| | Ortofosfato | 0,02 mg/L | 0,284 |
| Sulfato | 0,05 mg/L | 54,2 | |
| Acidez y Grasas | 0,5 mg/L | 10,5 | |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 2,00 mg/L | 107 | |
| Nitrogeno Amomiacal | 0,02 mg/L | 34,7 | |
| Oxígeno Disuelto | 0,05 mg/L | 4,67 | |
| Sulfuro(s) | 0,001 mg/L | <0,001 | |
| pH | - | - | 6,1 |

Análisis Microbiológico:

| Ensayos | Unidad | Resultado |
|----------------------------|------------|-----------|
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100 mL | 240 000 |
| Escherichia coli | NMP/100 mL | 240 000 |


CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Paria - Callao
 T. (511) 319 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

AREQUIPA
 Calle Teniente Rodríguez N° 1415
 Miraflores - Arequipa
 T. (054) 265572

CHIMBOTE
 Av. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (049) 311 048

PIURA
 Urb. Angamos A - 2 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

Anexo 9. Acta de Aprobación de originalidad de tesis visado por el coordinador de investigación

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS | Código : F04-PP-FR 02.03 Versión : 01 Fecha : 18/12/2018 Página : 1 de 1 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

Yo, María Aliaga, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Sede Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada:

"Mejoramiento de los parámetros químicos y microbiológicos del agua de riego utilizando un generador de oxígeno mediante microburbujas en el vivero Municipal de Los Olivos - 2018", de las estudiantes **Érika Cancho Ccaico** y **Morelia Obregón Príncipe**, consta que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

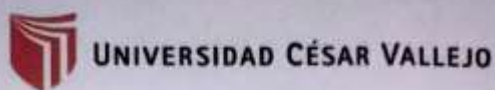
El/la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, diciembre de 2018

M.Sc. María Aliaga Martínez
DNI: 08663264
ORCID: 0000-0003-2767-4825

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Reclutado |
|---------|----------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|

Anexo 11. Formulario de Autorización para la Publicación de la Tesis



Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo (Nosotros), MOREIRA OSOREOZ PRINCIPLE Y ERICA CANCHO COCA, identificado con DNI N° 76188319, 74884467, (respectivamente), egresado (s) de la Facultad de / Escuela de posgrado INGENIERIA y Escuela Profesional / Programa Académico ING. AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo, autorizo (autorizamos) (X), no autorizo (autorizamos) () la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Trabajo de Investigación / Tesis:

* MEJORAMIENTO DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DE RIEGO UTILIZANDO UN GENERADOR DE OXÍGENO MEDIANTE MICROBULSILLAS EN EL VÍCTIMO MUNICIPAL DE LOS OLIVOS - 2018 *

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....

Lugar y fecha, LIMA, 10 DE SETIEMBRE DEL 2021

| | | |
|-----------------------------------|-------|---------------------------|
| Apellidos y Nombres del Autor | | OSOREOZ PRINCIPLE MOREIRA |
| Parterno Materno, Nombre1 Nombre2 | | |
| DNI: <u>76188319</u> | Firma | |
| ORCID: <u>0000-0002-7171-8066</u> | | |
| Apellidos y Nombres del Autor | | CANCHO COCAICO ERICA |
| Parterno Materno, Nombre1 Nombre2 | | |
| DNI: <u>74884467</u> | Firma | |
| ORCID: <u>0000-0002-5998-8223</u> | | |

Las filas de la tabla dependerán del número de estudiantes implicados.

