



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS PARA REDUCCIÓN DE
OLORES EN AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE
EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ**

AUTORAS:

**MARÍA IVANNA VERA PULIDO
ELENA SAMANTA VILLAMAR GONZÁLEZ**

TUTOR:

ING. CARLOS LUIS BANCHÓN BAJAÑA, M. Sc.

CALCETA, FEBRERO DE 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

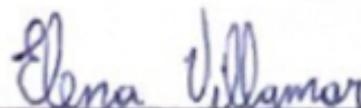
Yo María Ivanna Vera Pulido, con cédula de ciudadanía 131183060-6 y Elena Samanta Villamar González con cédula de ciudadanía 131570586-1, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: Tratamientos fisicoquímicos para reducción de olores en agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



MARÍA IVANNA VERA PULIDO

CC: 131183060-6

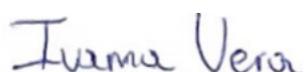


ELENA S. VILLAMAR GONZÁLEZ

CC: 131570586-1

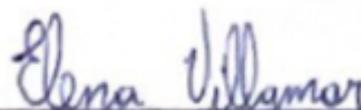
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

María Ivanna Vera Pulido, con cédula de ciudadanía 131183060-6 y Elena Samanta Villamar González con cédula de ciudadanía 131570586-1, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: Tratamientos fisicoquímicos para reducción de olores en agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



MARÍA IVANNA VERA PULIDO

CC: 131183060-6



ELENA S. VILLAMAR GONZÁLEZ

CC: 131570586-1

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. CARLOS LUIS BANCHÓN BAJAÑA certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado **TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA REDUCCIÓN DE OLORES EN AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZALCHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ**, que ha sido desarrollada por **MARÍA IVANNA VERA PULIDO** y **ELENA SAMANTA VILLAMAR GONZÁLEZ** previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. CARLOS LUIS BANCHÓN BAJAÑA, M. Sc.

CC: 0918059189

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA REDUCCIÓN DE OLORES EN AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ**, que ha sido desarrollado por **MARÍA IVANNA VERA PULIDO** y **ELENA SAMANTA VILLAMAR GONZÁLEZ**, previa la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. FRANCISCO J. VELÁSQUEZ INTRIAGO, D. Sc.

CC: 1309483913

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. LAURA G. MENDOZA CEDEÑO M. Sc.

CC: 1313222471

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. MARÍA A. VÉLEZ BRAVO, M. Sc.

CC: 1309547402

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A Dios; por la vida, la salud, la sabiduría, la paciencia y las oportunidades que nos brindó a lo largo de nuestro camino.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, por ser nuestra alma máter donde hemos recorrido estos últimos años llenos de conocimiento y experiencias.

A nuestro tutor del trabajo de integración curricular, Ing. Carlos Luis Banchón Bajaña, por compartir sus conocimientos y enseñanzas.

LAS AUTORAS

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado, en primer lugar, a mi familia. A mi mamá Paola, la cual ha sido mi apoyo en todos los ámbitos a lo largo de mi vida, siendo mi motor y por la cual he aprendido a ser constante y determinada. A mi papá Marcos, por siempre estar para mí, dispuesto a escucharme y aconsejarme. A mis abuelos y mis tíos, por hacer que mi vida universitaria sea un poco menos complicada y acogerme con sus cuidados y amor. A mi hermana Valentina, por hacerme reír cuando no sabía que lo necesitaba. A mi novio Keiler, por su paciencia, amor, dedicación y entrega, por estar en todo momento apoyándome y creyendo en mí.

A mi compañera de tesis y gran amiga Elena, por haber sido de gran ayuda en la realización de este trabajo. A mi amiga Odalis, por brindarme su amistad y alegría.

Así mismo, dedico esta investigación a mi tutor, Ing. Carlos Banchón, por su gran trabajo y sus enseñanzas, el cual me ha motivado a seguir investigando y estudiando sobre nuestro líquido vital, el agua.

Por último, a todos aquellos que directa o indirectamente me han apoyado y ayudado en la realización de este trabajo.

MARÍA IVANNA VERA PULIDO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia. A mis padres quienes de la mano de Dios siempre han intentado apoyarme con todo lo que han tenido a su alcance para que pudiera continuar con mis estudios mostrándome que soy capaz de todo y me han enseñado a ser la persona que soy el día de hoy. A mi mamá quién en su gran preocupación se quedó conmigo hasta altas horas de la noche acompañándome a terminar mis tareas y a mi padre que sin necesidad de hacerlo me llevaba a la parada del bus para ahorrarme algo de tiempo.

A mis hermanos que siempre han estado pendientes de cada paso que doy, especialmente a Lorena y Belén que aún a la distancia y en situaciones diferentes siempre han estado para escuchar cada queja y cada triunfo aliviando siempre de a poco y con risas los momentos angustiantes.

A mis amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron conmigo sus conocimientos, sus alegrías, tristezas y estuvieron en momentos que siempre llevaré presente en mi corazón.

A mi compañera de tesis y gran amiga Ivanna, por haber sido el pilar fundamental en la realización de este trabajo. A mi amiga Odalis por compartirme su alegría.

ELENA SAMANTA VILLAMAR GONZÁLEZ

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE FIGURA, TABLAS Y ECUACIONES	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. AGUA	5
2.1.1. AGUA DE RIEGO	5
2.2. CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA	5
2.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	6
2.3.1. OLOR	6
2.3.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	6
2.3.3. TEMPERATURA	6
2.3.4. DUREZA	7
2.3.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	7
2.3.6. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	7
2.3.7. NITRITOS-NITRATOS	7
2.3.8. AMONIO	8
2.3.9. FOSFATOS	8
2.3.10. CLORO RESIDUAL LIBRE	8
2.4. ANÁLISIS SENSORIAL OLFATIVO (FPA)	9

	x
2.5. CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL	9
2.5.1. CONTAMINACIÓN EN EMBALSE	10
2.6. CAUSAS DEL MAL OLOR EN AGUA	10
2.6.1. EUTROFIZACIÓN	10
2.6.2. ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS	11
2.7. TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS	12
2.7.1. ALCALINIZACIÓN	12
2.7.2. FILTRACIÓN POR CARBÓN VEGETAL	12
2.7.3. DESINFECCIÓN	13
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	14
3.1. UBICACIÓN	14
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO	14
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
3.4. MÉTODOS	15
3.4.1. INDUCTIVO – DEDUCTIVO	15
3.4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	15
3.4.3. BIBLIOGRÁFICO	15
3.5. TÉCNICAS	15
3.5.1. OBSERVACIÓN	15
3.5.2. ENTRENAMIENTO OLFATIVO DEL PANEL	16
3.5.3. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS PARA REDUCCIÓN DE OLORES	16
3.6. VARIABLES A MEDIR	16
3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	16
3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE	16
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL	17
3.7.1. FACTORES DE ESTUDIO	17
3.7.2. NIVELES DE ESTUDIO	17
3.7.3. TRATAMIENTO	18
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO	18
3.8.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL PARA LA DETECCIÓN DE OLORES	18
3.8.2. FASE II. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS BASADOS EN CAL, CARBÓN VEGETAL Y CLORO PARA LA REDUCCIÓN DE OLORES DEL AGUA DE RIEGO EN LA FINCA LA PASTORA SOL	20

3.8.3. FASE III. PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS SOBRE EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ	21
3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL	22
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. DIAGNÓSTICO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL PARA LA DETECCIÓN DE OLORES	24
4.2. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS BASADOS EN CAL, CARBÓN VEGETAL Y CLORO PARA LA REDUCCIÓN DE OLORES DEL AGUA DE RIEGO EN LA FINCA LA PASTORA SOL	36
4.3. PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS SOBRE EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ	70
4.3.1. INTRODUCCIÓN	70
4.3.2. OBJETIVO	71
4.3.3. ACCIONES	71
4.3.4. ESTRATEGIAS DE USO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE RIEGO	72
4.3.5. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS	73
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	86

CONTENIDO DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES

FIGURAS

Figura 3.1. Mapa de ubicación del sitio “La Pastora”	14
Figura 3.2. Unidad experimental para el estudio	17
Figura 4.3. Temperatura medida a partir de las seis muestras iniciales	26
Figura 4.4. Conductividad eléctrica medida de las seis muestras iniciales	27
Figura 4.5. Sólidos totales disueltos (TDS) medidos de las seis muestras iniciales	28
Figura 4.6. Dureza medida de las seis muestras iniciales	29
Figura 4.7. Nitritos medidos de las seis muestras iniciales.....	30
Figura 4.8. Amonio medido de las seis muestras iniciales	31
Figura 4.9. Fosfatos medidos de las seis muestras iniciales	32
Figura 4.10. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia eucaliptol (eucalipto).....	33
Figura 4.11. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia <i>feniletílico</i> (<i>rosa</i>)	34
Figura 4.12. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia <i>cintronelol</i> (<i>limón</i>)	34
Figura 4.13. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia <i>eugenol</i> (<i>clavo de olor</i>)	35
Figura 4.14. Determinación de la calidad sensorial olfativa del agua	36
Figura 4.15. Efecto de dosis de cloro pH del agua superficial	37
Figura 4.16. Efecto de dosis de cloro en CE del agua superficial	38
Figura 4.17. Efecto de dosis de cloro en la temperatura del agua superficial	39
Figura 4.18. Efecto de dosis de cloro en los TDS del agua superficial	40
Figura 4.19. Efecto de dosis de cloro en la dureza del agua superficial	40
Figura 4.20. Efecto de dosis de cloro en amonio del agua superficial	41
Figura 4.21. Efecto de dosis de cloro en fosfatos del agua superficial	42
Figura 4.22. Efecto de dosis de cloro en nitrito del agua superficial	43
Figura 4.23. Efecto de dosis de cloro en cloro residual del agua superficial	44
Figura 4.24. Efecto de dosis de cal en el pH del agua superficial.....	45
Figura 4.25. Efecto de dosis de cal en la CE del agua superficial	46
Figura 4.26. Efecto de dosis de cal en la temperatura del agua superficial	47
Figura 4.27. Efecto de dosis de cal en los TDS del agua superficial	48
Figura 4.28. Efecto de dosis de cal en la dureza del agua superficial	49
Figura 4.29. Efecto de dosis de cal en amonio del agua superficial	50
Figura 4.30. Efecto de dosis de cal en fosfato del agua superficial	51
Figura 4.31. Efecto de dosis de cal en nitrito del agua superficial	52
Figura 4.32. Efecto de dosis de carbón en pH del agua superficial	53
Figura 4.33. Efecto de dosis de carbón vegetal en CE del agua superficial	54
Figura 4.34. Efecto de dosis de carbón vegetal en la temperatura del agua superficial	55
Figura 4.35. Efecto de dosis de carbón vegetal en TDS del agua superficial	56
Figura 4.36. Efecto de dosis de carbón vegetal en la dureza del agua superficial ..	57
Figura 4.37. Efecto de dosis de carbón vegetal en amonio del agua superficial.....	58

Figura 4.38. Efecto de dosis de carbón vegetal en el fosfato del agua superficial ..	59
Figura 4.39. Efecto de dosis en carbón vegetal en nitrito del agua superficial.....	60
Figura 4.40. Efecto de dosis de cloro en intensidad del agua superficial	61
Figura 4.41. Efecto de dosis de cal en intensidad de olor del agua superficial	61
Figura 4.42. Efecto de dosis de carbón vegetal en la intensidad del agua superficial	62

TABLAS

Tabla 3.1. Descripción de los tratamientos	18
Tabla 3.2. Métodos para la caracterización físico-química del agua de riego.....	19
Tabla 3.3. Escala de categoría para ponderación de intensidad del olor del agua ..	20
Tabla 3.4. Esquema de estrategias sobre el uso y tratamiento del agua de riego ...	22
Tabla 3.5. Diseño bifactorial completamente al azar A x B	23
Tabla 4.1. Prueba Kruskal-Wallis para los parámetros de amonio, fosfato y nitritos.	63
Tabla 4.2. Prueba Tukey HSD, dosis en relación al parámetro amonio.	64
Tabla 4.3. Prueba Tukey HSD, dosis de cloro en relación al parámetro fosfato.....	64
Tabla 4.4. Prueba Tukey HSD, dosis de cloro en relación al parámetro nitrito.....	65
Tabla 4.5. Prueba de Tukey HSD, dosis de cal en relación al parámetro amonio...	65
Tabla 4.6. Prueba Tukey HSD, dosis de cal en relación al parámetro fosfato.....	65
Tabla 4.7. Prueba Tukey HSD, dosis de cal en relación al parámetro nitrito.....	66
Tabla 4.8. Prueba Tukey HSD, dosis en relación al parámetro amonio.....	66
Tabla 4.9. Prueba Tukey HSD, dosis de carbón en relación al parámetro fosfato...	67
Tabla 4.10. Prueba Tukey HSD, dosis de carbón en relación al parámetro nitrito...	67

ECUACIONES

Ecuación 1	23
------------------	----

RESUMEN

En la actualidad, el agua utilizada para el riego de cultivos del sistema Carrizal-Chone exhibe olores desagradables. Esto se ve agravado por vertidos de aguas residuales de actividades agropecuarias, factores que afectan tanto el sabor como el olor del agua, en fuentes superficiales o subterráneas. El objetivo del presente estudio fue evaluar los tratamientos fisicoquímicos para la reducción de olores del agua de riego del sistema en mención, utilizada en la finca La Pastora Sol de la ciudad de Tosagua-Manabí. La investigación fue de tipo experimental evaluada mediante los métodos inductivo-deductivo, bibliográfico y estadístico-descriptivo; su diseño bifactorial completamente al azar contó con 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Como técnicas principales se utilizaron la observación, el entrenamiento olfativo del panel para la correcta detección de olores en el agua y la aplicación de tratamientos fisicoquímicos que consistió en dosis bajas y altas de carbón vegetal, cal y cloro. Se obtuvo como resultado que la aplicación de cloro fue la mejor opción para la reducción de olores en el agua del sistema Carrizal-Chone. Se recomienda optimizar la dosificación de cloro conforme a las necesidades específicas del consumidor y a la naturaleza del problema que aqueja al recurso hídrico y difundir por medio de canales de comunicación las estrategias propuestas en esta investigación.

PALABRAS CLAVE

Tratamientos fisicoquímicos, cal, cloro, carbón vegetal, análisis sensorial olfativo

ABSTRACT

Currently, the water used for irrigating crops in the Carrizal-Chone system exhibits unpleasant odors. This is exacerbated by the discharge of wastewater from agricultural activities, which affects both the taste and odor of water in surface or groundwater sources. The objective of this study was to evaluate physicochemical treatments for reducing odors in the irrigation water of the mentioned system, used in La Pastora Sol farm in Tosagua-Manabí. The research was experimental, assessed through inductive-deductive, bibliographic, and statistical-descriptive methods. The completely randomized bifactorial design included 6 treatments with 3 replications each. The main techniques employed were observation, olfactory panel training for accurate odor detection in water, and applying physicochemical treatments involving low and high charcoal, lime, and chlorine doses. The results showed that chlorine application was the best option for reducing odors in the water of the Carrizal-Chone system. It is recommended to optimize chlorine dosage according to the specific needs of consumers and the nature of the problem affecting the water resource and to disseminate the proposed strategies in this research through communication channels.

KEYWORDS

Physicochemical treatments, lime, chlorine, charcoal, olfactory sensory analysis.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El agua utilizada para el riego de cultivos presenta olores desagradables y según Laínez (2022), las principales causas de este problema son las algas y las bacterias, seguidas por los vertidos químicos y de aguas residuales, lo que puede afectar el sabor y el olor tanto del agua superficial como subterránea. A nivel global, se reconoce que las causas de la contaminación del agua son variadas, siendo en su mayoría de origen humano ya sea por desechos industriales, minería, aguas residuales, pesticidas y fertilizantes químicos, así como el desarrollo urbano, generando una creciente preocupación por la preservación del agua (Grijalva et al., 2020).

En América Latina, varios países también enfrentan problemas de contaminación en fuentes de agua superficial y olores en los recursos hídricos. En Colombia, se han registrado inconvenientes de eutrofización y malos olores en las fuentes de agua, vinculados a emisiones puntuales no tratadas en áreas urbanas (Camacho, 2020). Según Rivera et al. (2021) el deterioro de las aguas rurales y costeras de Valparaíso, Chile, se atribuye directamente al desarrollo acelerado de industrias que generan grandes cantidades de residuos contaminantes. Además, García y Miranda (2018) sostienen que la descarga de residuos industriales en cuerpos hídricos representa una amenaza.

El crecimiento poblacional y escaso conocimiento de la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua vuelven al problema un tema más complicado de tratar. En Perú, el problema de los malos olores causados por la eutrofización de los lagos está relacionado con el acelerado crecimiento demográfico y del turismo no planificado; como en la zona de la Laguna de Paca, donde el problema se debe principalmente a las actividades antropogénicas, al crecimiento de la población y parámetros como DBO₅, nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez (Fuentes et al. 2017; Muñoz y Alarcón, 2021).

En Ecuador, Guanin y Reatiqui (2022), manifestaron que en la parroquia 11 de noviembre de Latacunga, la descarga no tratada de aguas grises rurales provoca un aumento en la concentración de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, generando cambios significativos en la estructura de la vegetación acuática de los

cuerpos de agua cercanos, provocando la eutrofización y dando lugar a la emisión de malos olores. Por otra parte, Cedeño (2020) mencionó que, en algunos cuerpos de agua de la ciudad de Rocafuerte, los análisis realizados en el agua presentaron niveles bajos de calidad, lo que resulta en contaminación de los cuerpos receptores, por la presencia de cobre, oxígeno disuelto, cloruros, coliformes fecales y sólidos disueltos en la laguna de pulimiento, que luego vierte sus aguas al canal.

En la provincia de Manabí, en la cuenca baja de los ríos Carrizal y Chone, se presenta una problemática significativa relacionada con la proliferación abundante de la planta acuática *Eichhornia crassipens*, conocida como Jacinto de Agua. Montilla et al. (2017) señalaron que esta planta, por su fácil propagación, obstruye los cuerpos de agua, generando eutrofización y emitiendo malos olores debido a la descomposición de la materia orgánica. Este fenómeno suscita preocupación entre la población que depende de este recurso hídrico.

De acuerdo a Montilla et al. (2017) el agua proveniente del sistema Carrizal-Chone es mayormente utilizada para actividades agrícolas como el riego de sembríos en la finca La Pastora Sol, la cual en la actualidad presenta malos olores que preocupan a los agricultores del área de estudio. Para Vera (2017) el uso de tratamientos fisicoquímicos ayuda a la reducción de sólidos y contaminantes tanto químicos como bacteriológicos que generan el mal olor en el agua.

Ante la problemática ambiental y en referencia a lo antes expuesto, se presenta la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuántos tratamientos serán eficaces en la reducción del olor del agua de riego proveniente del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo, en el ámbito **ambiental**, es de importancia debido a que en la actualidad los recursos que proporciona la naturaleza son amenazados directamente por la mano del hombre y aún más especialmente las fuentes naturales de agua. Es así que el sexto punto de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) tiene como objetivo garantizar la disponibilidad de agua, gestión sostenible y saneamiento (ONU, 2015). Comprender la importancia del agua para el sostenimiento de la vida, así como la enorme cantidad de recursos humanos y económicos

necesarios para implementar las tecnologías que permitan su uso y reutilización y se convierta en el común desafío de la época actual.

En el ámbito **social**, los seres humanos tienen derecho de gozar de un medio ambiente sano, agua segura y de calidad. El agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, tanto si se utiliza para beber como para producir alimentos o fines recreativos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (OMS, 2022).

En el ámbito **legal**, el agua en Ecuador para consumo humano u otras actividades (agropecuarias, industrial, recreacionales y demás), deben de cumplir con límites permisibles e índices de calidad los cuales se establecen en la Norma Técnica Ambiental contemplada en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), cumpliendo así con lo estipulado en la Constitución de la República del Ecuador (CRE) publicado en el registro oficial no. 449 del día lunes 20 de octubre de 2008, donde en el Art. 14 se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay (CRE, 2008). Además, se apoya a otros mecanismos como el Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible: Agua Limpia y Saneamiento y Norma INEN 1108.

El trabajo de integración curricular es de relevancia y se justifica plenamente al ofrecer opciones de tratamientos fisicoquímicos para abordar la preocupante problemática asociada a los malos olores del agua proveniente del sistema Carrizal-Chone, en la finca La Pastora Sol, incorporando técnicas como el análisis sensorial olfativo y fisicoquímico. En virtud de lo anterior, este estudio forma parte de la iniciativa de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la cual tiene como uno de sus objetivos principales fomentar la conciencia ambiental en beneficio de las personas y el entorno que las rodea.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los tratamientos fisicoquímicos para la reducción de olores en el agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los parámetros fisicoquímicos y sensorial olfativa del agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol para la detección de olores.
- Aplicar tratamientos fisicoquímicos basados en cal, carbón vegetal y cloro para la reducción de olores del agua de riego en la finca La Pastora Sol.
- Proponer estrategias sobre el uso y tratamiento del agua del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

1.4. HIPÓTESIS

H_0 : Ninguno de los tratamientos cumple con la reducción de olores en el agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

H_1 : Al menos uno de los tratamientos cumple con la reducción de olores en el agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA

El agua, un recurso renovable pero finito, cubre más del 70% de la superficie del planeta, donde el 97,5% se encuentra en océanos y solo 2,5% es agua dulce en forma de glaciares, nieve, hielo de los cascos polares, agua subterránea y agua superficial; además posee propiedades como los puentes de hidrógeno y la tensión superficial, características que la convierten en un importante recurso natural (Fernández, 2012; Caycedo y Trujillo, 2020).

De acuerdo con el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial [CSA] (2015) el agua es la linfa vital de los ecosistemas de los que dependen la Seguridad Alimentaria y Nutricional [SAN] de las generaciones presentes y futuras y su disponibilidad en cantidades apropiadas es fundamental para la producción alimentaria (pesca, cultivos y ganadería) y la elaboración, transformación y preparación de los alimentos, además, condiciona la eficacia con que el cuerpo humano absorbe los nutrientes.

2.1.1. AGUA DE RIEGO

El sector agropecuario es el principal usuario del agua en la mayor parte del mundo, así como el mayor generador de contaminación difusa. La tasa de bombeo promedio para el agua destinada a riego agrícola es del 70% y del 90% en los países menos desarrollados (Texeira y Pannunzio, 2020), siendo India uno de los mayores consumidores, seguido por China. En países del sur de Asia, África y América Latina utilizan más del 90% de las extracciones de agua para la agricultura (Ritchie y Roser, 2015).

2.2. CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA

La calidad del agua está determinada por las características hidrológicas, fisicoquímicas y microbiológicas de la masa de agua a que se refiera (Aveiga et al., 2019). Es un concepto, de alguna manera relativa ya que no se puede hacer una clasificación absoluta de la calidad, esto debido a que el grado de calidad del agua está relacionado al uso a que se destina o de las condiciones de la geología y de los suelos de una determinada cuenca hidrográfica (Pauta et al., 2019).

Los cuerpos de agua están expuestos tanto a la contaminación natural como a la de origen humano, siendo esta última la principal responsable de los efectos adversos significativos; esto obliga a realizar diagnósticos específicos para intervenir y evitar la contaminación. En ese sentido, la calidad del agua se determina comparando las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua con índices de calidad del agua o estándares. Para esto, se mide la concentración de sus componentes y los efectos o propiedades causadas por la presencia de estas sustancias (Yumbo et al., 2018).

2.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua a estudiar en el siguiente trabajo son los siguientes:

2.3.1. OLOR

El olor es una sensación, una noción de estímulo y percepción producida por el olfato por la interacción de una sustancia orgánica con los receptores olfativos de los seres vivos, produciendo un estímulo en las células responsables del olfato (Lozada y Giraldo, 2019).

2.3.2. POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) es un indicativo del grado de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. Además, este parámetro origina variación en la composición de la fauna y flora de los cuerpos de agua e influye en el grado de toxicidad de ciertos compuestos, como el amoníaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, entre otros (Huamaní y Pacheco, 2019).

2.3.3. TEMPERATURA

La temperatura es una de las variables más significativas en los cuerpos de agua ya que sirve de indicativo de la estabilidad ecológica del sistema donde las variaciones de este parámetro generan un cambio en el ambiente y en el desarrollo de la fauna y flora presentes en los cuerpos de agua, elevando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua (Díaz y González, 2022).

2.3.4. DUREZA

La dureza del agua se debe al contenido de calcio y de magnesio disueltos en el agua y se expresa como cantidad equivalente de carbonato cálcico (CaCO_3). En función del pH y de la alcalinidad, una dureza del agua por encima de 200 mg/l puede provocar incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, sistema de distribución y depósitos (World Health Organization [WHO], 2011).

2.3.5. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad es la habilidad de una solución para conducir electricidad donde pequeñas partículas cargadas eléctricamente, llamadas iones, pueden llevar una corriente eléctrica a través de soluciones de agua. Estos iones provienen principalmente de los ácidos y sales de la solución de fuente, el cual entre más sea añadido al agua, mayor será el número de iones e incrementa la conductividad (Cabrejos, 2018).

2.3.6. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)

Los sólidos totales disueltos (TDS) son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltas en el agua menores a 2 micrones que sirven como buen indicador de la calidad del agua, los cuales no pueden ser removidos por un filtro tradicional. Se sugiere un máximo de 500 mg/l en agua potable ya un nivel elevado de estos proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta (Sigler y Bauder, 2017).

2.3.7. NITRITOS

Los nitritos son compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno; en el ambiente el nitrito (NO^{-2}) generalmente se convierte a nitrato fácilmente (NO^{-3}) lo que muestra que el nitrito se encuentra con dificultad en las aguas subterráneas, no siendo este el caso del agua de pozo donde su presencia es más natural (Bolaños et al., 2017).

Aunque estos compuestos han tenido connotaciones terapéuticas, en la segunda mitad del siglo XX se desató una polémica sobre los nitratos como tóxicos y ya en el

1956 se informó sobre el carácter cancerígeno de algunas N-nitrosoaminas y la posibilidad de que estas se pudiesen formar a partir del nitrito, es así que en un individuo sano los nitratos y nitritos son rápidamente absorbidos por el tracto gastrointestinal y reaccionan con la hemoglobina formando metahemoglobina que a niveles de 20%-50% en la sangre producen cianosis, debilidad, taquicardia, etc., por esta razón la FAO (Organización Mundial de Agricultura y Alimentos) y la OMS en 1961 establecieron un valor máximo para el contenido de nitrato en el agua de 50 mg/L (Pastor, 2019; Román et al. 2017).

2.3.8. AMONIO

Los iones de amonio son representados por la fórmula NH_4^+ que son producto del metabolismo nitrogenado; es altamente tóxico y está constituido por nitrógeno e hidrógeno; no son gases ni tienen olor donde en pozos, ríos, lagos y suelos húmedos la forma iónica del amoniaco es la más común (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2004; Deus et al., 2021)

2.3.9. FOSFATOS

El ion fosfato (PO_4^-) se forma a partir del fosfato inorgánico que puede existir como mineral, como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos; el agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que pueden llegar a filtrarse de los suelos agrícolas a los recursos de agua más próximos (Bolaños et al., 2017a). Esta sobrecarga de nutrientes induce al rápido crecimiento de algas y otros organismos que pueden causar la eutrofización de las aguas; cuando estos mueren, al ser descompuestos por los microorganismos se agota el oxígeno y se tiene como resultado un agua maloliente e inutilizable (Pérez et al., 2019).

2.3.10. CLORO RESIDUAL LIBRE

Es el cloro residual disponible presente en el agua en forma de cloro mono molecular hidratado, ácido hipocloroso e ion hipoclorito (INEN 977, 1984) Para que el cloro residual libre esté presente en el agua tratada con cloro después del suficiente tiempo de contacto, es necesario que la cloración se lleve a cabo mediante una dosis lo suficientemente elevada de cloro, hecho conocido como “dosificación con cloro

sobrante”, “cloración por el punto crítico” o “cloración al breakpoint”, con lo cual el cloro oxidará todas las sustancias que estén en disposición de ser oxidadas, se combinará, destruirá y eliminará otras (Huayllani y Zevallos, 2021).

2.4. ANÁLISIS SENSORIAL OLFATIVO (FPA)

El Análisis del Perfil de Sabor o Flavor Profile Analysis (FPA) es una de varias técnicas para identificar y cuantificar la intensidad el sabor y olor de las muestras de agua. El FPA se utiliza para definir los atributos de sabor y olor de las muestras de agua, que luego podrían relacionarse o asociarse con las percepciones de los consumidores, donde se requiere un mínimo de cuatro panelistas capacitados. Los panelistas asignan una calificación de intensidad a cada atributo de sabor y olor de la muestra de agua utilizando una escala de categoría de 7 puntos: 0 = olor no detectable, 2 = muy débil, 4 = débil, 6 = débil a moderado, 8 = moderado, 10 = moderado a fuerte, 12 = fuerte. Después de realizar las calificaciones individuales, el panel llega a un consenso para obtener un perfil final de sabor y olor de la muestra de agua (Standard Methods Committee of the American Public Health Association, s. f.; Whelton y Dietrich, 2004).

2.5. CONTAMINACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

El agua como uno de los recursos naturales de la Tierra, aunque esté vinculada a la supervivencia y el desarrollo humano, también ha estado enfrentada a una crisis desde el comienzo del XXI, amenazada por la contaminación que las actividades antropogénicas generan y por la disminución de los recursos hídricos como consecuencia del calentamiento global (Ripple et al., 2017; Sánchez y Tello, 2019).

Gómez (2018) expresa que los altos niveles de contaminación del agua dulce conducen a problemas de salud pública que afectan no solo a las poblaciones humanas y animales, sino también al medio ambiente natural en general. Los contaminantes del agua incluyen microorganismos bacterianos, virales, fúngicos y parásitos y, por otro lado, sustancias químicas simples o complejas.

Según la OMS (2022), el agua para consumo humano microbiológicamente contaminada puede transmitir todas esas enfermedades y, según se calcula, causa 485 000 muertes por diarrea cada año. No obstante, los riesgos químicos más

importantes provienen del arsénico, el fluoruro o el nitrato, nuevos contaminantes, como productos farmacéuticos, pesticidas, sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) y los microplásticos son motivo de preocupación pública.

2.5.1. CONTAMINACIÓN EN EMBALSE

Pérez et al. (2019) define a los embalses como: “cuerpos de agua artificiales, creados por acción de la mano del hombre con la construcción de presas o la excavación en el terreno para almacenar o se retener el agua que viene por precipitación, escorrentía o flujo de un río o riachuelo”.

Estas reservas de agua llegan a ser útiles para aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos para los seres humanos (Universidad de Nariño, 2022). Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que estas reservas de agua pueden prestar a las poblaciones, los efectos del cambio climático y los efectos de las actividades antropogénicas los convierten en posibles peligros. Uno de los principales efectos de las actividades antropogénicas en los embalses es la eutrofización que, si bien es un proceso natural, las actividades humanas aceleran este proceso convirtiéndolo en peligroso.

Halac (2020) expresa que el proceso de eutrofización cultural está vinculado con la deforestación que promueve la remoción de suelos y el aporte de sedimentos por erosión y que a su vez los nutrientes provienen principalmente de los desechos domésticos (detergentes, desechos de alimentos y heces); lavado de suelos (fertilizantes, ganado, residuos de materia orgánica quemada de incendios); agua subterránea enriquecida con nutrientes de diversas fuentes; deposición atmosférica de partículas de nutrientes del suelo y los incendios.

2.6. CAUSAS DEL MAL OLOR EN AGUA

2.6.1. EUTROFIZACIÓN

La eutrofización hace referencia a ser rico en nutrientes; se define como el proceso de deterioro de la calidad de los recursos hídricos provocado por el enriquecimiento de nutrientes (principalmente del nitrógeno y fósforo), que obliga a su aprovechamiento y tiene importantes consecuencias ecológicas, sanitarias como

económicas y es junto con la fragmentación de los cursos de agua, la problemática más seria y extendida de los ecosistemas acuáticos a nivel mundial (García y Miranda, 2018; Goyenola et al., 2021)

El proceso de la eutrofización según Paredes y Roldan (2022) empieza con el crecimiento y multiplicación del plancton aumentando la turbidez del agua, que lleva a la desaparición de la vegetación acuática sumergida y a su vez los alimentos, hábitats y el oxígeno disuelto (OD) de la fotosíntesis de una determinada masa oligotrófica. Esta pérdida de OD se agrava por el fitoplancton que, al estar compuesto de organismos fotosintéticos, produce oxígeno y como ocupan la superficie se saturan del gas haciendo que el exceso se escape a la atmósfera.

Así, la fotosíntesis del fitoplancton, no abastece de oxígeno a las aguas más profundas y crece de manera elevada para que al final las bacterias aerobias estrictas prosperen y aprovechen el oxígeno cada vez que está disponible, por lo que mantienen al agua sin OD, mientras que las bacterias anaerobias aparecen en el fondo produciendo gases como el amoníaco y el sulfuro de hidrógeno generando malos olores. Este proceso químico, al causar la deterioración del agua y el desequilibrio ecológico, se convierte en uno muy nocivo para fuentes hídricas (Salgado, 2022).

2.6.2. ACTIVIDADES ANTROPOGÉNICAS

En referencia a Gallardo (2020) se muestra las actividades que generan malos olores en el agua debido a sus descargas:

- Agricultura: mediante el empleo fertilizantes y plaguicidas en los cultivos altos en nitrógeno que penetran la tierra, pudiendo llegar a ríos, estanques cercanos o a las aguas subterráneas.
- Ganadería: mala gestión de recogida de los excrementos de los animales altos en nitrógeno.
- Residuos urbanos: vertido de contaminantes químicos al medio acuoso resultado de la actividad diaria del hombre como los detergentes, ricos en fosfatos.

- Residuos industriales: son más tóxicos formados por productos nitrogenados y fosfatados como los fenoles y los clorofenoles.
- Residuos forestales: cuando se realizan las deforestaciones masivas, todos los nutrientes de las plantas, entre los que se encuentra el nitrógeno, pueden penetrar la tierra.
- Contaminación atmosférica: todos los gases contaminantes emitidos por la actividad humana llegan hasta la atmósfera produciendo la lluvia ácida, que transporta consigo todos los componentes tóxicos como el nitrógeno y el azufre a las masas de agua.

2.7. TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS

Los llamados tratamientos terciarios o tratamientos fisicoquímicos son aquellos que remueven sólidos en suspensión, así como la turbidez y la DBO_5 ya que estos son materia orgánica; además de remover contaminantes bacteriológicos (Coliformes, Estreptococos, etc.). Es así que este proceso integrado puede incluir sedimentación primaria, flotación y procesos fisicoquímicos, que mejoran la reducción de los sólidos en suspensión y la DBO_5 (Vera, 2017).

2.7.1. ALCALINIZACIÓN

La utilización del óxido de calcio (CaO) y el hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) en el agua ayuda a mejorar la calidad de esta para el consumo. La cal apagada al aumentar el pH del agua permite ablandar, purificar, neutralizar la acidez y eliminar su turbiedad e impurezas (Echegaray, 2018).

2.7.2. FILTRACIÓN POR CARBÓN VEGETAL

Este producto es un adsorbente versátil utilizado como purificador de agua, eliminación del color, el olor y el sabor de un sinnúmero de productos, pero sobre todo del agua; todos los carbones son de carácter hidrófobo (Gómez, 2018; Hernández et al., 2017).

2.7.3. DESINFECCIÓN

Consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos e influyen factores como los microorganismos presentes, la naturaleza y concentración del agente desinfectante, la temperatura del agua, el pH del agua y el tiempo de contacto con el agua, así como la presencia de sólidos reduce la eficacia de este proceso; la eficacia de la desinfección se mide con el porcentaje de organismos muertos en un momento, temperatura y nivel de pH determinados, el cloro es el agente desinfectante más importante y puede utilizarse en forma de gas, de líquido o de sal (hipoclorito de sodio) (Ocampo et al., 2022).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación fue realizada en el sitio La Pastora, cantón Tosagua ubicada al noroeste de la provincia de Manabí, a una altitud media de 17 msnm, alrededor de la coordenada: 0° 49' 33,49" de latitud sur y 80° 11' 37,17" de longitud oeste. Limitando al norte entre los cantones Chone y Sucre, al sur con los cantones Junín y Rocafuerte.

Figura 3.1. Mapa de ubicación del sitio "La Pastora"



3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La investigación tuvo una duración de 6 meses posterior a la aprobación de la planificación del trabajo de integración curricular.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo experimental debido a que se tienen dos variables de estudio que fueron medidas y controladas. La investigación experimental es aquello que se lleva a cabo manteniendo una serie de variables de control constantes, mientras el resto se miden como sujetos del experimento (Arias, 2020).

3.4. MÉTODOS

3.4.1. INDUCTIVO – DEDUCTIVO

El método inductivo-deductivo es una combinación de estos dos métodos, donde se parte de un razonamiento deductivo general llegando a un razonamiento específico, el cual será verificado mediante el uso del método inductivo y la observación directa (Huaman et al., 2022). Este método fue usado en el presente trabajo para la verificación de las hipótesis anteriormente planteadas.

3.4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

La estadística se refiere a un conjunto de métodos enfocados a la obtención, presentación y análisis de observaciones numéricas (Porrás, 2017). La estadística descriptiva ayuda a presentar los datos ordenadamente, de manera que sobresalga su estructura y características más importantes (De la Lama et al., 2022). Se hizo uso de herramientas como tablas, gráficos, entre otros, para la organización y análisis de los datos tomados.

3.4.3. BIBLIOGRÁFICO

Se entiende por investigación bibliográfica a la etapa de la investigación científica donde se explora la producción de la comunidad académica sobre un tema determinado; supone un conjunto de actividades encaminadas a localizar documentos relacionados con un tema o un autor concreto (Universidad de la República [Uruguay], 2020). Se utilizó el método bibliográfico para la recopilación de información extraída de fuentes bibliográficas con respecto a la presencia de malos olores en el agua y métodos para analizarla y tratarla, de tal manera se dé sustento teórico y científico a la presente investigación.

3.5. TÉCNICAS

3.5.1. OBSERVACIÓN

La técnica de observación permite al investigador estar en contacto con el hecho que se trata de investigar, para obtener un registro visual y palpable de lo que se desea

conocer (Baena, 2017). Esta técnica se utilizó con el fin de registrar situaciones puntuales asociadas con la presencia de malos olores en el agua de riego que proviene del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua.

3.5.2. ENTRENAMIENTO OLFATIVO DEL PANEL

De acuerdo con Whelton y Dietrich (2004); Dietrich y Burlingame (2020) el entrenamiento olfativo de un panel para el análisis sensorial del agua consiste en el olfateo de cada una de las muestras del The Smell Project Kit el cual contiene cuatro olores considerados como primarios los cuales son alcohol feniletílico (rosa), eucaliptol (eucalipto), citronelol (limón) y eugenol (clavo) (*The Smell Project*, s. f.). Se hizo uso de esta técnica para el entrenamiento del panel escogido.

3.5.3. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS PARA REDUCCIÓN DE OLORES

La aplicación de tratamientos fisicoquímicos, en referencia a Choque et al. (2018) tienen como objetivo la eliminación de los contaminantes presentes en la fase acuosa del objeto a tratar mediante la adición de reactivos, lo cual permite conseguir un efluente con la calidad requerida para su vertido o uso y concentrar los contaminantes en una fase sólida que debe ser gestionada correctamente. Esta técnica fue usada para reducir el olor del agua de riego de la finca La Pastora Sol.

3.6. VARIABLES A MEDIR

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Condiciones de operación de tratamientos fisicoquímicos:

- Dosis de cal, carbón vegetal, cloro.

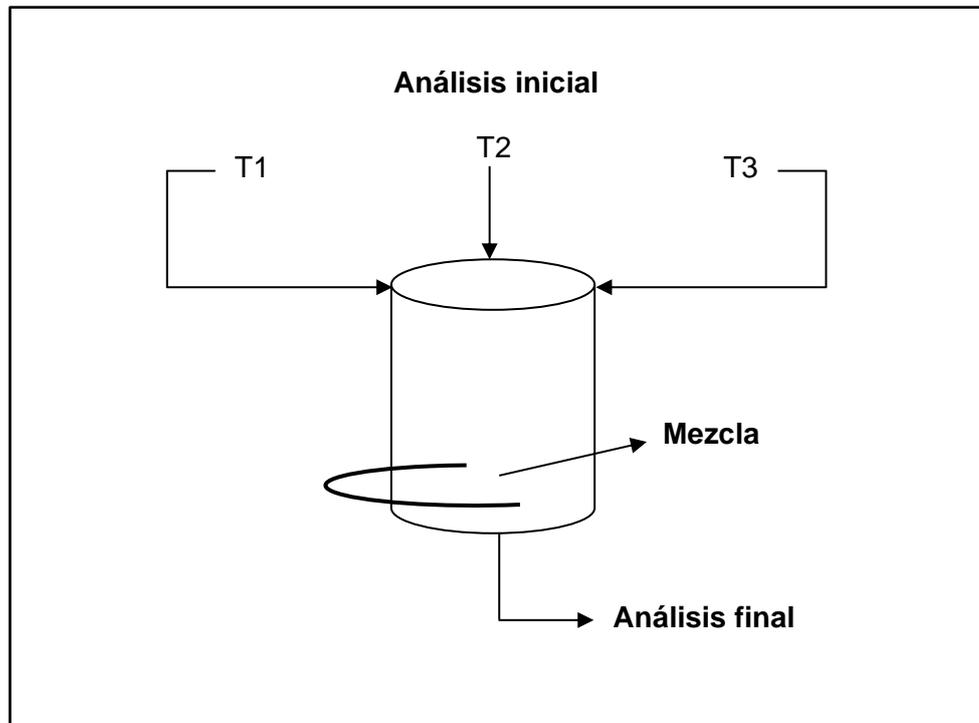
3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Reducción de olores

3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, donde se obtuvo un total de 18 unidades experimentales, las cuales fueron constituidas por recipientes con capacidad de 10 litros llenos con el agua de riego, cada uno con los respectivos tratamientos.

Figura 3.2. Unidad experimental para el estudio



3.7.1. FACTORES DE ESTUDIO

Factor A. Tipos de tratamientos fisicoquímicos

Factor B. Dosis

3.7.2. NIVELES DE ESTUDIO

T1 Cal. Dosis baja cal

T2 Cal. Dosis alta cal

T3 Carbón vegetal. Dosis baja de carbón vegetal

T4 Carbón vegetal. Dosis alta de carbón vegetal

T5 Cloro. Dosis baja cloro

T6 Cloro. Dosis alta cloro

3.7.3. TRATAMIENTO

Los tratamientos en estudio fueron:

Tabla 3.1. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Tipos de tratamientos fisicoquímicos (factor A)	Dosis (factor B)
T ₁	Cal	2000 ppm
T ₂	Cal	10000 ppm
T ₃	Carbón vegetal	10 g/l
T ₄	Carbón vegetal	100 g/l
T ₅	Cloro	2 ppm
T ₆	Cloro	20 ppm

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. FASE I. DIAGNÓSTICO DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZALCHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL PARA LA DETECCIÓN DE OLORES

ACTIVIDAD 1.1. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA

En primera instancia, se realizó una visita de campo al área de estudio donde se reconoció la zona de investigación. Posteriormente, haciendo referencia a Yamasqui (2022) se realizó un mapa georreferencial del área de estudio para la ubicación espacial. Para llevar a cabo esta actividad, se utilizaron sistemas de información geográfica como GPS, el programa Google Earth Pro y ArcGIS 10.5.

ACTIVIDAD 1.2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Tomando en referencia a GreenLab (2019) se realizó un análisis preliminar de los parámetros fisicoquímicos de muestras de agua de riego en un vaso precipitado de 500 ml, para conocer su estado inicial antes de la aplicación de los tratamientos y, posteriormente, ver la reacción de estos en sus características fisicoquímicas.

Durante 2 meses se tomó 6 muestras iniciales de agua de riego y se midieron los siguientes parámetros:

Tabla 3.2. Métodos aplicados para la caracterización físico-química del agua de riego inicial

Análisis	Método
pH	Potenciómetro
Temperatura	Medidor digital
Conductividad Eléctrica (CE)	Medidor digital
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	Medidor digital
Dureza	Colorimetría
Nitritos	Colorimetría
Amonio	Colorimetría
Fosfatos	Colorimetría
Cloro residual	Colorimetría

ACTIVIDAD 1.3. SELECCIÓN Y ENTRENAMIENTO OLFATIVO DE LOS PANELISTAS

De acuerdo con Suffet et al. (2004), Whelton y Dietrich (2004), Dietrich y Burlingame (2020) y Standard Methods Committee of the American Public Health Association (s. f.), el panel para la creación del perfil de olor del agua será de mínimo 4 personas y un máximo de 16 personas, donde para la preselección se debe de escoger el doble de panelistas que se vaya a necesitar. Para este estudio, se seleccionaron 4 panelistas (2 hombres y 2 mujeres) que ayudaron a ponderar el olor de 6 muestras de agua de riego por un tiempo de 2 meses.

Siguiendo la metodología expuesta por Dietrich y Burlingame (2020); Whelton y Dietrich (2004) se contó con 8 personas para la preselección del panel, a las cuales se les hizo olfatear The Smell Project Kit, el cual contiene olores de las siguientes categorías: fuerte, floral, mentolado y ácido. Se eligieron aquellas personas que identificaron de manera más rápida e intensa los olores. También se tomó en consideración la disponibilidad y asistencia de los panelistas para su selección.

El objetivo del entrenamiento es que los panelistas sean capaces de detectar y reconocer sabores y olores, deben conocer los conceptos de clasificación con ayuda

de una escala, clasificación en categorías, escalas de intervalos y escalas proporcionales y, por último, el uso de descriptores en que les permite desarrollar un vocabulario y así describir las características sensoriales (Flores, 2015).

En referencia a Whelton y Dietrich (2004) se procedió al entrenamiento del olfato de los 4 panelistas previamente escogidos mediante el uso del The Smell Project Kit antes del olfateo de cada muestra. Posteriormente se usó una escala de medición de ponderación numérica para la intensidad del olor del agua inicial que va desde olor no detectable hasta alto mediante la siguiente escala de Likert:

Tabla 3.3. Escala de categoría para la ponderación de la intensidad del olor del agua

Puntuación	Intensidad
0	No detectable
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

ACTIVIDAD 1.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO

De acuerdo con Whelton y Dietrich (2004) para la determinación de la calidad sensorial olfativa del agua de riego de la finca La Pastora Sol se tomaron muestras de 50 ml, posteriormente fueron olfateada para la ponderación de la intensidad, se realizaron 6 mediciones del agua inicial durante 2 meses.

3.8.2. FASE II. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS BASADOS EN CAL, CARBÓN VEGETAL Y CLORO PARA LA REDUCCIÓN DE OLORES DEL AGUA DE RIEGO EN LA FINCA LA PASTORA SOL

ACTIVIDAD 2.1. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS

Se aplicaron tres tipos de tratamientos fisicoquímicos basados en: cal, carbón vegetal y cloro; en las respectivas unidades experimentales. De acuerdo con Banchón et al. (2022) para el tratamiento con carbón vegetal, la dosis mínima será de 10 g/l y la dosis

máxima será de 100 g/l. Haciendo referencia a la Comisión Nacional del Agua [CNA] (2007) para el tratamiento con hidróxido de calcio (cal), la dosis mínima será de 100 ppm y la dosis máxima será de 1000 ppm y para hipoclorito de sodio comercial al 2%, la dosis mínima será de 2 ppm y la dosis máxima será de 20 ppm, a pesar que no hay dosificaciones globales para cloro ya que depende del estado del agua.

ACTIVIDAD 2.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO

Se realizaron los análisis fisicoquímicos a las muestras de agua en fase final, aplicando los tratamientos fisicoquímicos con dosis mínimas y altas, en cada una de sus tres repeticiones. Los parámetros que se tomaron en observación se encuentran descritos en la Actividad 1.2. El parámetro cloro residual fue tomado solo en las muestras tratadas con cloro. Así mismo se realizó el análisis sensorial olfativo para las muestras de agua tratadas. Estas pruebas fueron realizadas *in situ* mediante aparatos medidores de los parámetros descritos, colorimetría y con el panel seleccionado anteriormente.

3.8.3. FASE III. PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS SOBRE EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ

ACTIVIDAD 3.1. ELABORACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS PARA EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO

Se realizó un análisis documental bibliográfico de diferentes estrategias que existen en la actualidad para el uso y tratamiento de aguas de riego, tales como las de Jofré y Ferreyra (2010) y Zavala (2013).

Se elaboró un esquema cuyo diseño se basó en lo planteado por Verú Rincón, (2020), mostrando su estructura a continuación:

- Introducción
- Objetivo
- Estrategias de aprovechamiento
- Evaluación y análisis

La información recopilada se manejó a través de tablas como se muestra a continuación:

Tabla 3.4. Esquema para las estrategias sobre el uso y tratamiento del agua de riego

Actividad	Resultados	Recomendaciones	Conclusión	Costo	Referencia

ACTIVIDAD 3.2. SOCIALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS Y ESTRATEGIAS

Se procedió a socializar con el dueño de la finca y sus trabajadores los resultados obtenidos de la investigación con sus respectivas estrategias y recomendaciones.

Para esto se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones (Gigante, 2011; Rabasco, 2022):

- Utilizar lenguaje sencillo y evitar el uso de tecnicismos.
- Explicar claramente el contexto y la importancia del estudio utilizando ejemplos.
- Fomentar la participación de los involucrados haciendo preguntas.
- Mantener una hoja de registro de asistencia para corroborar que todos los involucrados participen (anexo 3).

Es así que esto servirá como sustento para futuras investigaciones y para el mejoramiento del agua de riego de la finca.

3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente TIC se ajustó a un diseño bifactorial completamente al azar A x B, en el que se utilizó 6 tratamientos con 3 repeticiones por cada uno dejando un tiempo de reacción de 10 minutos después de haber homogeneizado la mezcla, teniendo un total de 18 unidades experimentales. Las concentraciones para cada tratamiento son las siguientes: cal dosis baja 2000 ppm, cal dosis alta 10000 ppm, carbón vegetal dosis baja 10 g/l, carbón vegetal dosis alta 100 g/l, cloro dosis baja 2 ppm, cloro dosis alta 20 ppm.

Tabla 3.5. Diseño bifactorial completamente al azar A x B

Fuente de variación	GI
Factor A	2
Factor B	1
Interacción A x B	2
Error	12
Total	17

3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de la presente investigación fueron analizados mediante la prueba estadística de Kruskal-Wallis, la alternativa no paramétrica del test ANOVA. La misma que, de acuerdo con Rodrigo (2016), se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 1

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(N+1)$$

Donde:

k = Número de grupos

R_i = Suma de los rangos para el i -ésimo grupo

n_i = Tamaño de muestra del i -ésimo grupo

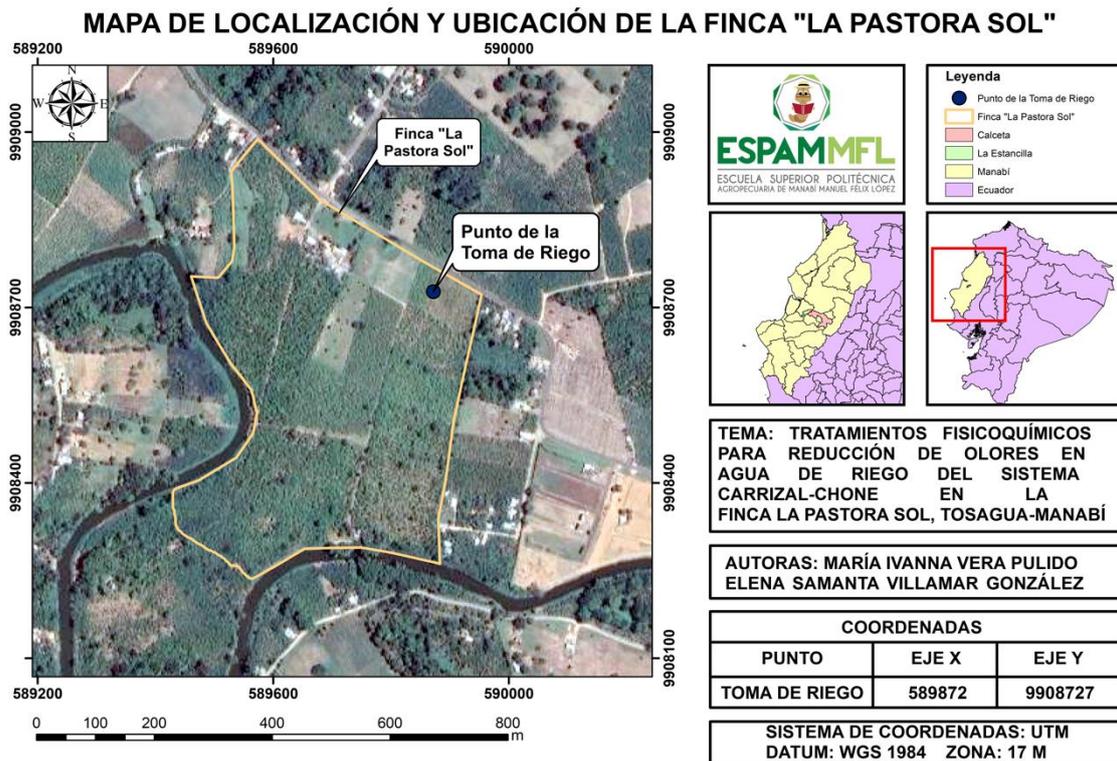
N = Tamaño total de la muestra

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGNÓSTICO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y SENSORIAL OLFATIVA DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL PARA LA DETECCIÓN DE OLORES

A continuación, se muestra el mapa de localización y ubicación de la finca "La Pastora Sol", de esta manera, teniendo una mejor georreferenciación del lugar:

Figura 4.1. Mapa de ubicación de la finca "La Pastora Sol"

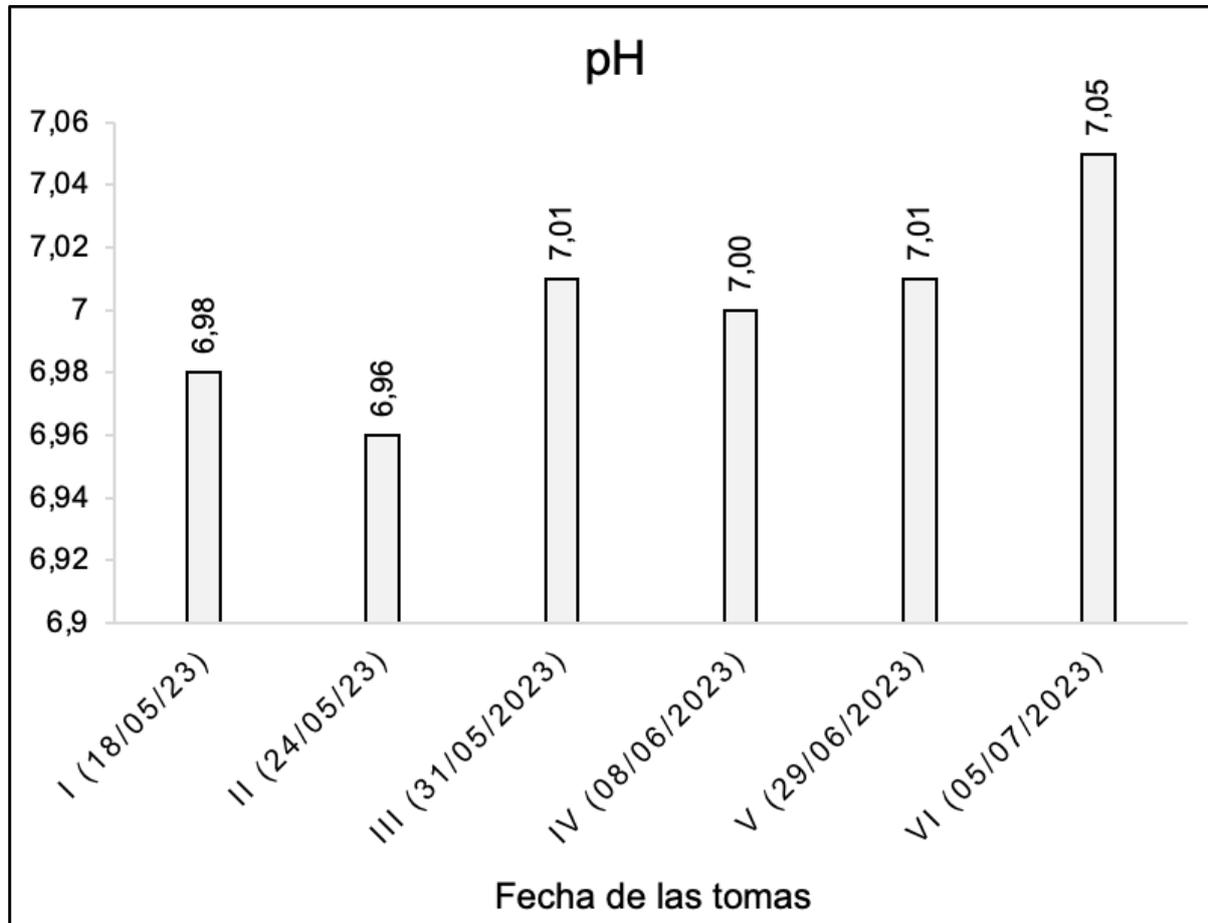


Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos sobre la medición de los parámetros iniciales del agua de riego.

En la figura 4.2. se presenta el pH del agua de riego inicial, el cual fue un parámetro estable durante el tiempo analizado; esto indica que la solución es neutra y no tiende hacia la acidez ni a la alcalinidad, debido a que su variación es entre 6,8 a 7,2. Las reducidas variaciones de pH pueden verse alteradas por una variedad de factores, tales como, la naturaleza del agua, la presencia de minerales, la actividad biológica o

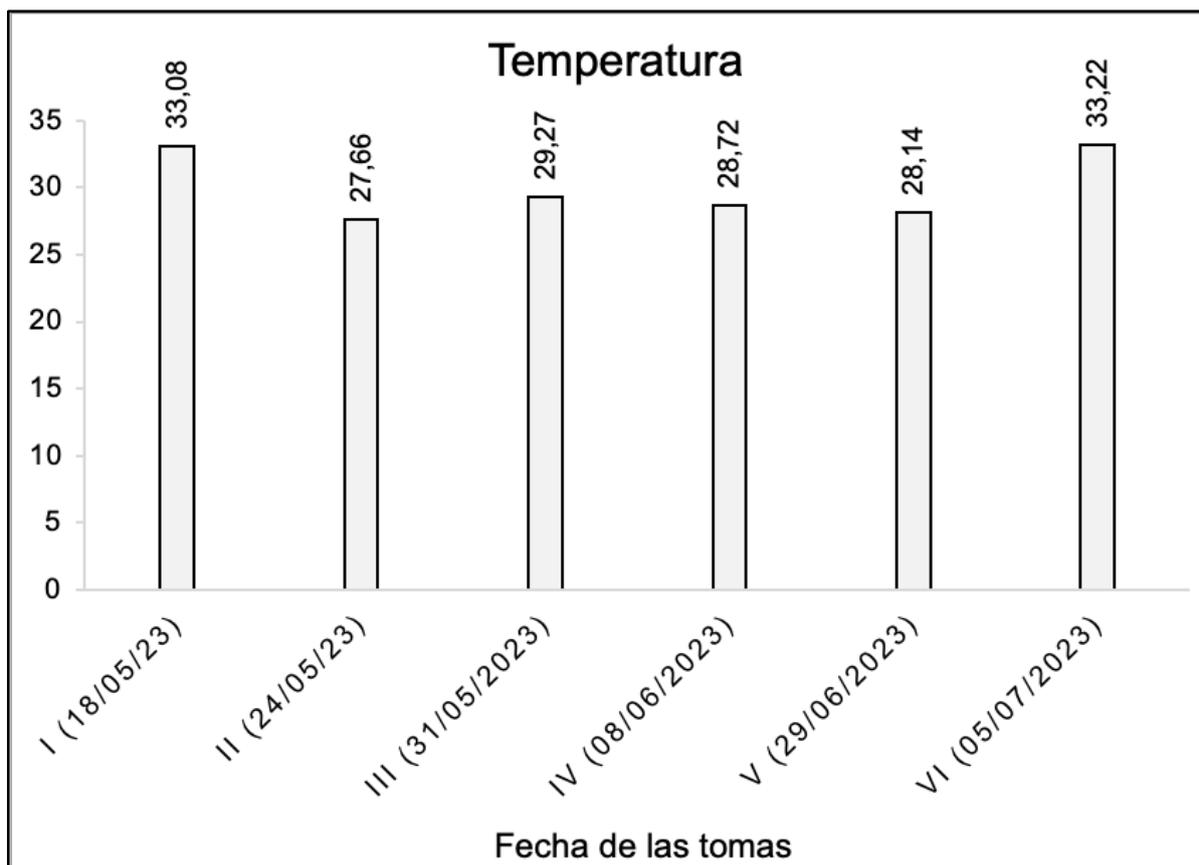
las técnicas de manejo; es de esta manera que el agua de ríos, nacientes o acueductos puede ser más alcalina que el agua de pozo (Calderón, 2021).

Figura 4.2. PH medido de las seis muestras iniciales



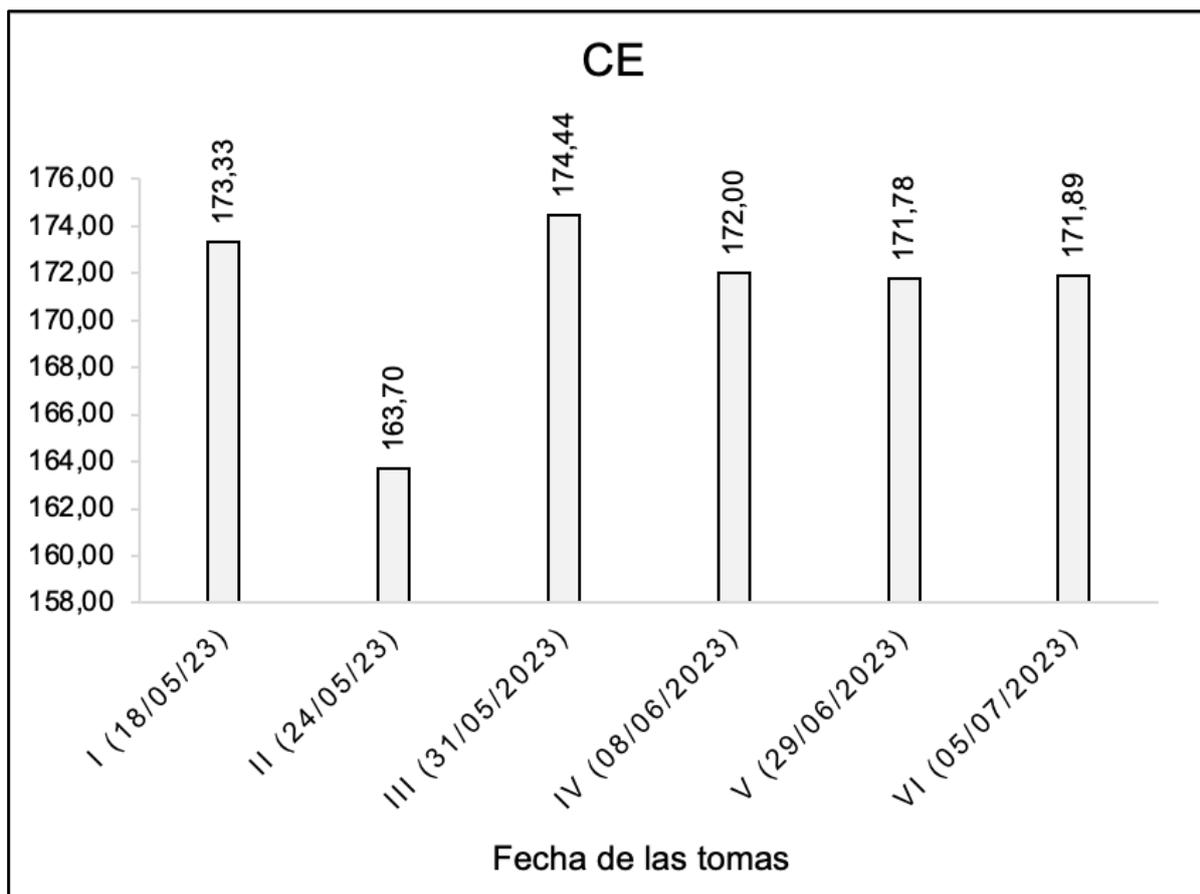
En relación a los resultados presentados, se observa que la temperatura promedio oscila entre los 30 ° C; lo cual indica que es un agua cálida que ayuda a la floración y crecimiento de ciertas especies acuáticas, tales como las cianobacterias (Becerra, 2019). Por consiguiente, cabe recalcar que la temperatura tuvo un rango de variación entre los 27 °C a los 33,5 °C debido a las condiciones climáticas que presenta el Ecuador.

Figura 4.3. Temperatura medida a partir de las seis muestras iniciales



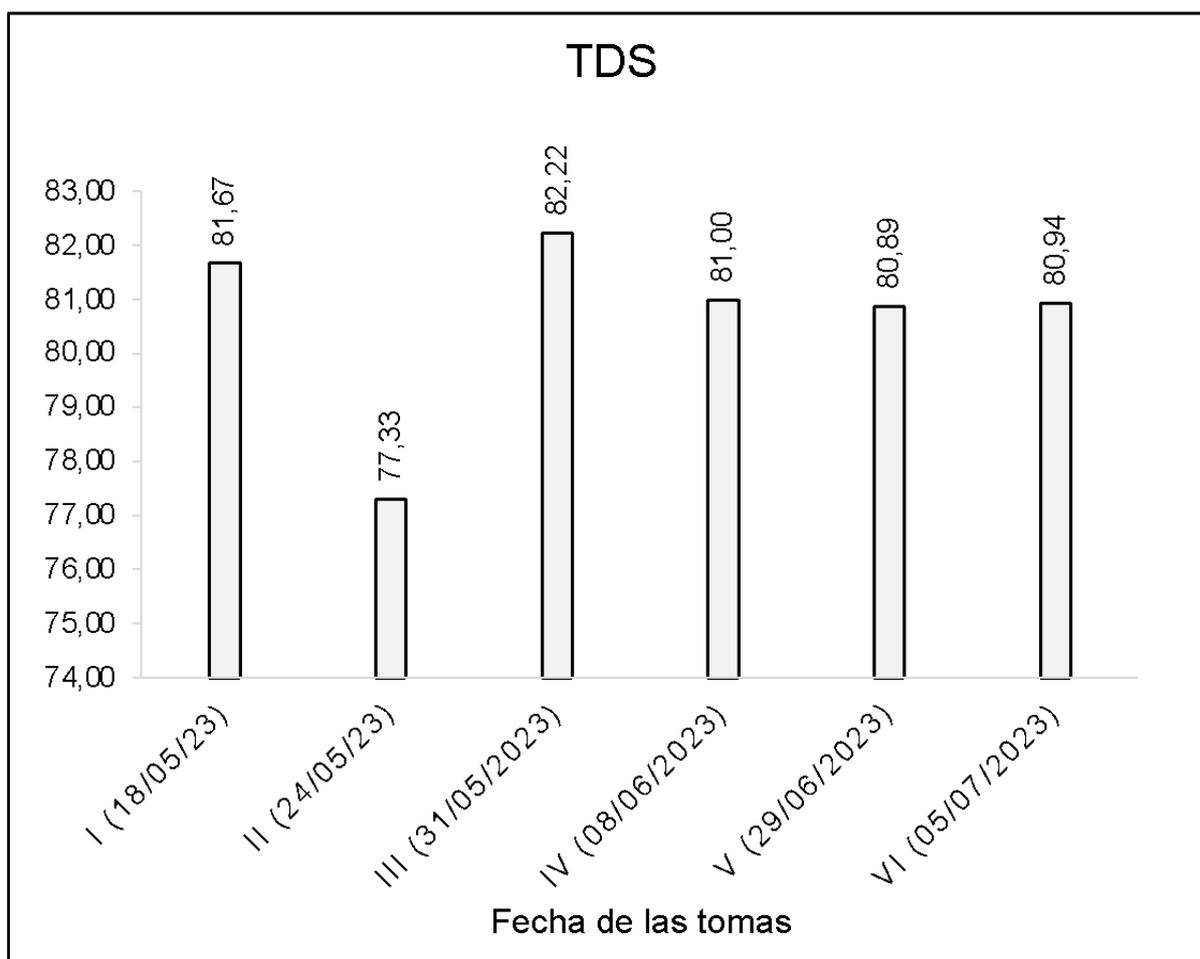
De acuerdo a los resultados de conductividad eléctrica (CE) existe una variabilidad significativa entre las tres primeras fechas, siendo el 24 de mayo del 2023 el día que mostró la menor CE. Esto se relaciona con los fenómenos fisicoquímicos que suceden dentro de las fuentes de agua natural, donde la CE se relaciona con el contenido de sales minerales presentes en el agua y proporciona una evaluación de la concentración total de iones disueltos (Boyd, 2017). De esta manera, y en relación a lo que expone Boyd (2017), se determina que la segunda fecha fue el día donde hubo menos contenido de sales minerales y iones disueltos en el agua.

Figura 4.4. Conductividad eléctrica medida de las seis muestras iniciales



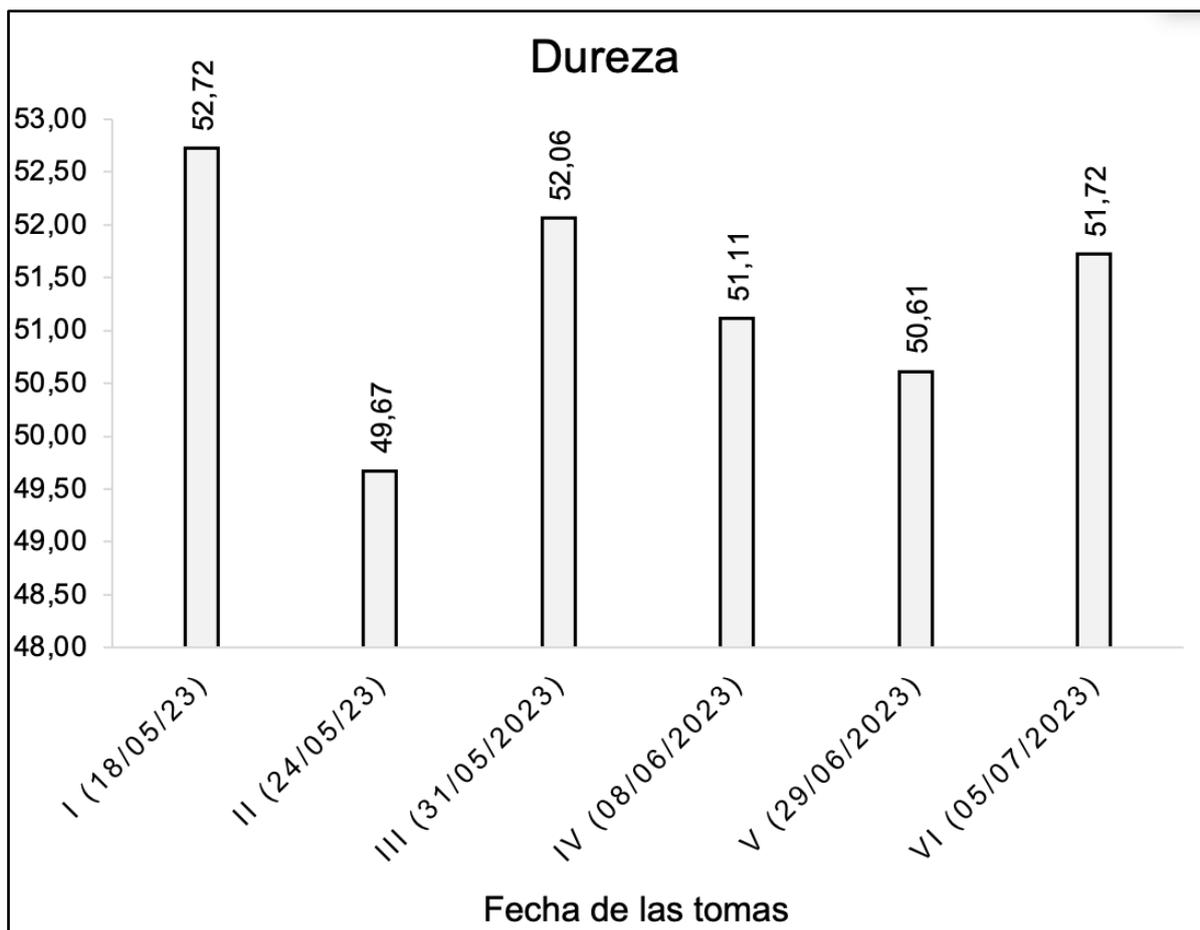
Con relación a los resultados presentados en la figura de TDS en el agua de riego inicial, existe variabilidad en los datos de las primeras fechas estudiadas, siendo el 24 de mayo del 2023 el día con menor nivel de TDS (77,33 ppm). Sin embargo, en las fechas posteriores, la data mantiene un comportamiento por encima de 80 ppm con variaciones no significativas. "Los sólidos totales disueltos (TDS) es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad de esta" (Sigler y Bauder, 2017).

En referencia a la Tabla 4-5 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, que establece un límite máximo permisible de 2000 ppm para los sólidos totales disueltos (TDS), los valores de TDS en el agua superficial se encuentran dentro de los límites permitidos.

Figura 4.5. Sólidos totales disueltos (TDS) medidos de las seis muestras iniciales

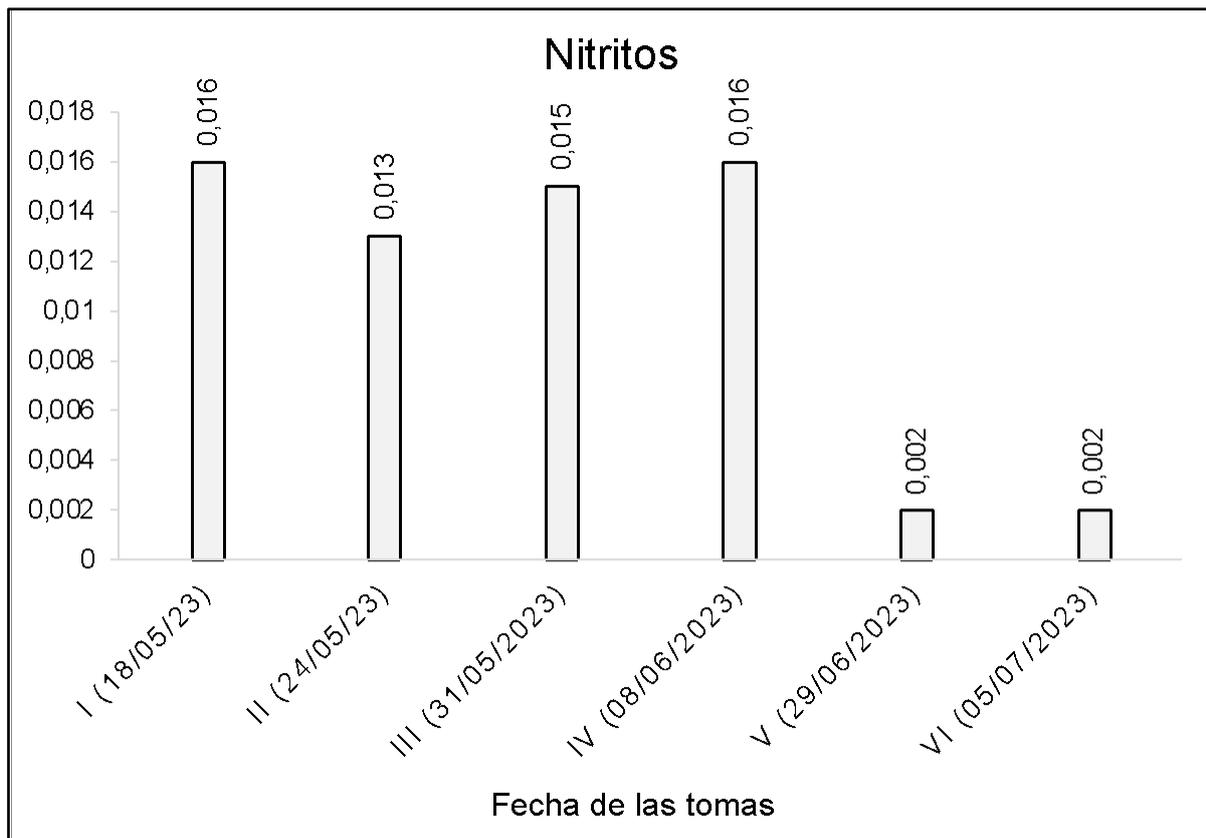
Se presentan los resultados obtenidos para el parámetro dureza del agua de riego inicial. De la misma manera que los dos parámetros anteriores, existe una variabilidad entre las tres primeras fechas analizadas, siendo el 24 de mayo del 2023 el día donde se obtuvo la dureza mínima del agua. La dureza del agua es un parámetro que determina el contenido de calcio y de magnesio disuelto en el agua los cuales, si sobrepasan los 200 ppm, causan incrustaciones y afectaciones a los sistemas de agua (Basulto, 2014). De acuerdo a los resultados, el agua presente tiene condiciones consideradas entre suave a dura.

Figura 4.6. Dureza medida de las seis muestras iniciales



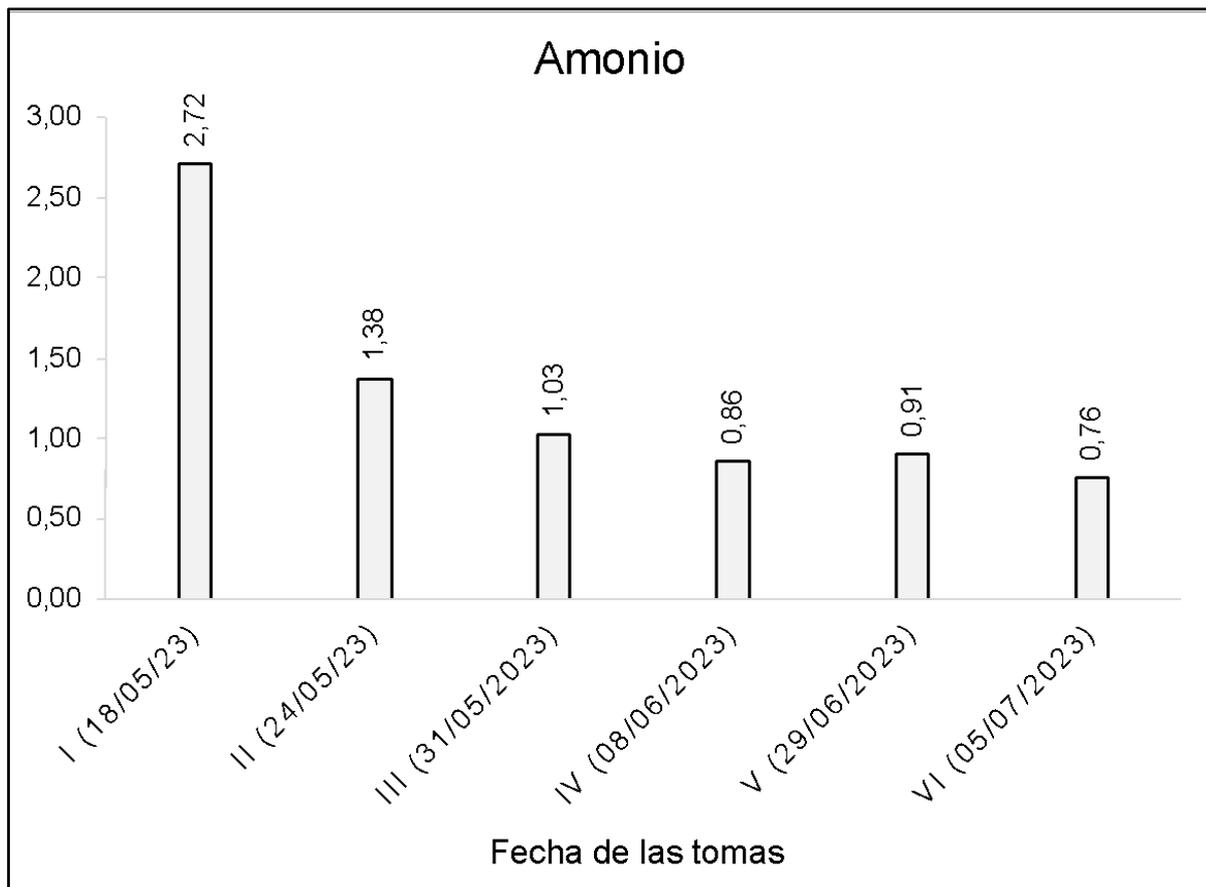
La figura 4.7. demuestra que la presencia de nitritos en el agua de riego estudiada es mínima, siendo las dos últimas fechas registradas las que presentaron menor cantidad de este compuesto. El parámetro nitritos en agua inicial hace referencia a la presencia de compuestos solubles conformados molecularmente por nitrógeno y oxígeno, donde su contenido en el agua se debe a diversos factores naturales o antropogénicos de la zona (Probelte, 2019), especialmente que se producen en la represa La Esperanza, siendo principalmente el proceso biológico conocido como eutrofización y las diferentes actividades agropecuarias realizadas en las cercanías del lugar.

Figura 4.7. Nitritos medidos de las seis muestras iniciales



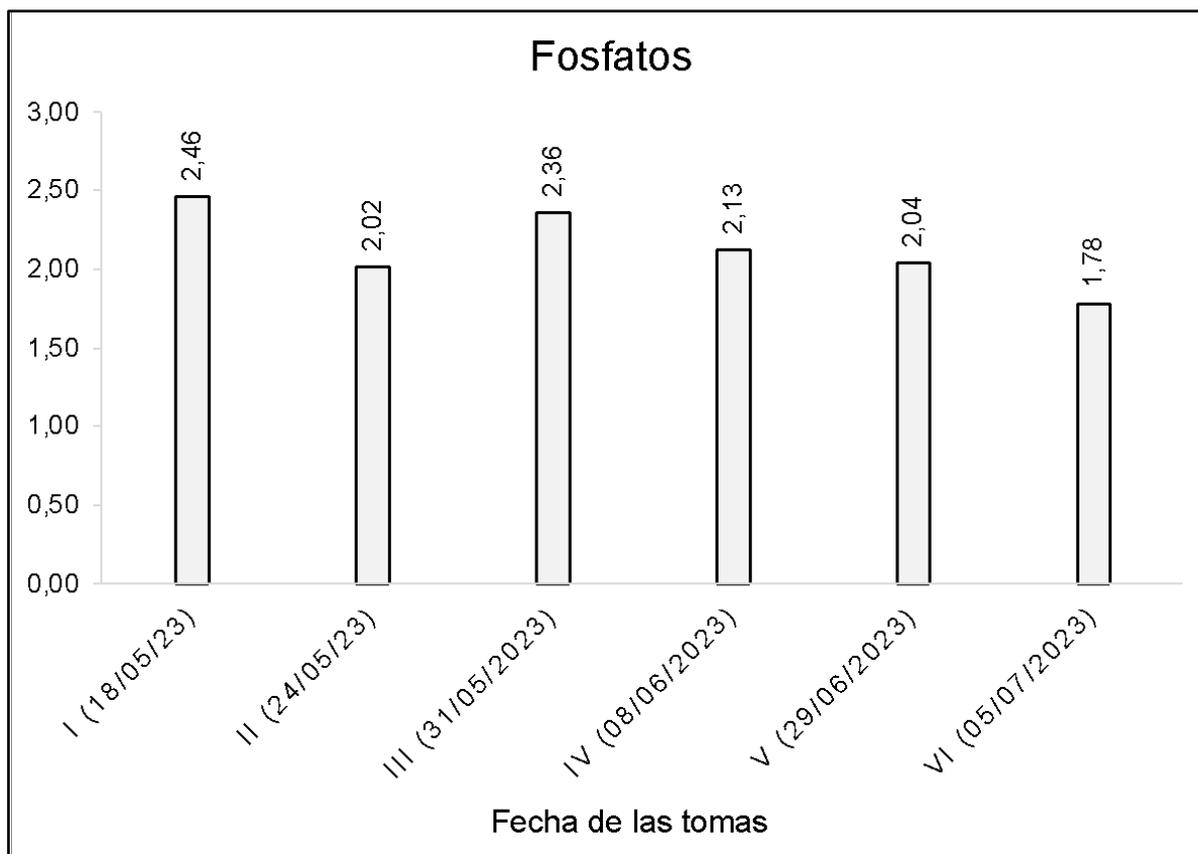
Se presentan los resultados del parámetro amonio para las seis fechas diferentes analizadas. El amonio contenido en el agua se relaciona con la presencia del ion NH_4^+ , el cual es altamente tóxico (Deus et al., 2021). Se aprecia que el nivel de amonio, a comparación de la primera toma, se redujo drásticamente en las últimas fechas lo cual puede ser producto del movimiento del agua o por los diferentes procesos dados en la zona.

Figura 4.8. Amonio medido de las seis muestras iniciales



Se observa los resultados para el parámetro fosfatos, los cuales presentan una variabilidad dentro de las seis diferentes fechas analizadas, siendo el último día el que presenta el menor de registro de fosfatos. La presencia de fosfatos se puede relacionar al proceso de eutrofización (Bolaños et al., 2017) en la fuente de agua La Esperanza, debido a la descomposición de ciertos organismos acuáticos.

Figura 4.9. Fosfatos medidos de las seis muestras iniciales



El fósforo (P) y el nitrógeno (N) en exceso son conocidos por estar vinculados con el deterioro de los cuerpos de agua y limitantes en el crecimiento de algas (Cirelli y Volpedo, 2016).

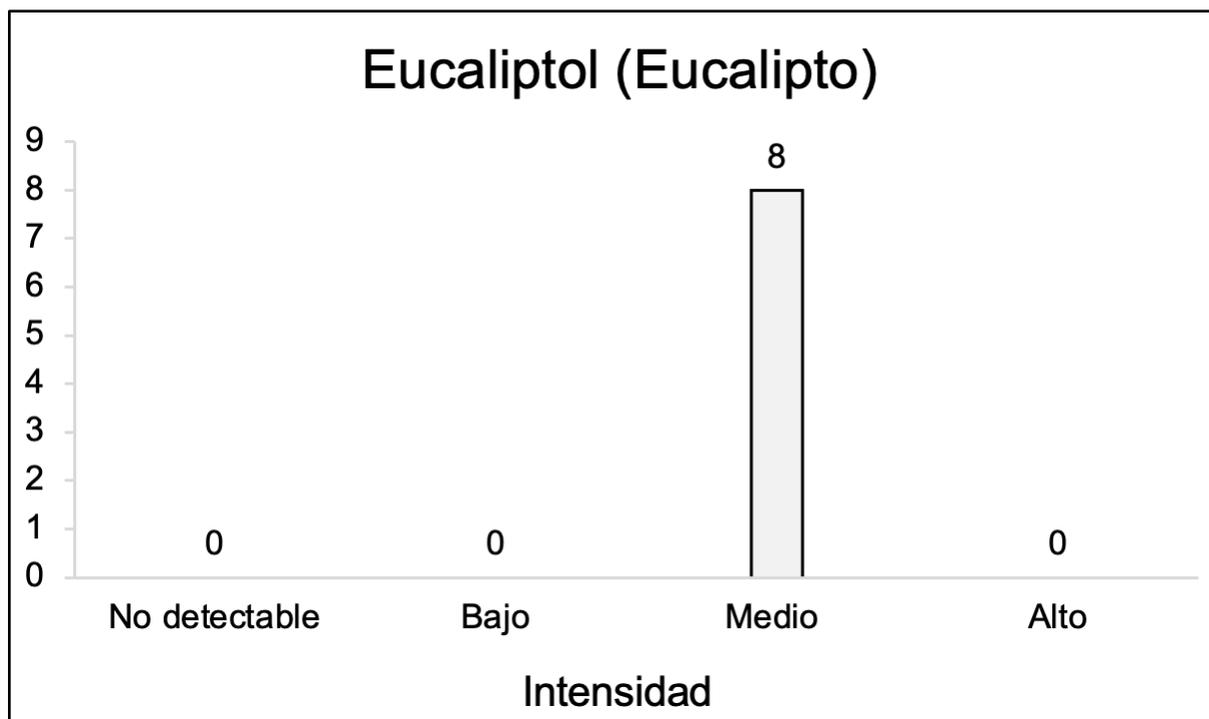
Los orígenes de la presencia de amonio, nitritos y fósforo en los cuerpos de agua son las actividades de origen humano como la contaminación por tanques sépticos, es así que, las concentraciones de nitritos están relacionadas con la contaminación industrial y aguas residuales domésticas, así como las concentraciones de amonio con la actividad agrícola cerca de la zona de los cuerpos de agua (Bolaños et al. 2017; Rodríguez et al. 2017). Dentro de la investigación, se aprecian indicios de contaminación del agua, deduciendo que sus fuentes de contaminación son principalmente las actividades agropecuarias como el ganado y agricultura.

Luego del análisis preliminar de los parámetros del agua de riego inicial, se procedió a la preselección, selección y entrenamiento del panel sensorial olfativo, el cual sería el encargado de crear el perfil olfativo del agua antes y después de los tratamientos aplicados. De acuerdo con Whelton y Dietrich (2004) se preseleccionaron 8

panelistas, siendo 4 hombres y 4 mujeres. Estos fueron sometidos a la prueba de olores descrita en el apartado 3.8.1., donde se puede observar el formato en el Anexo 2, obteniendo lo siguiente:

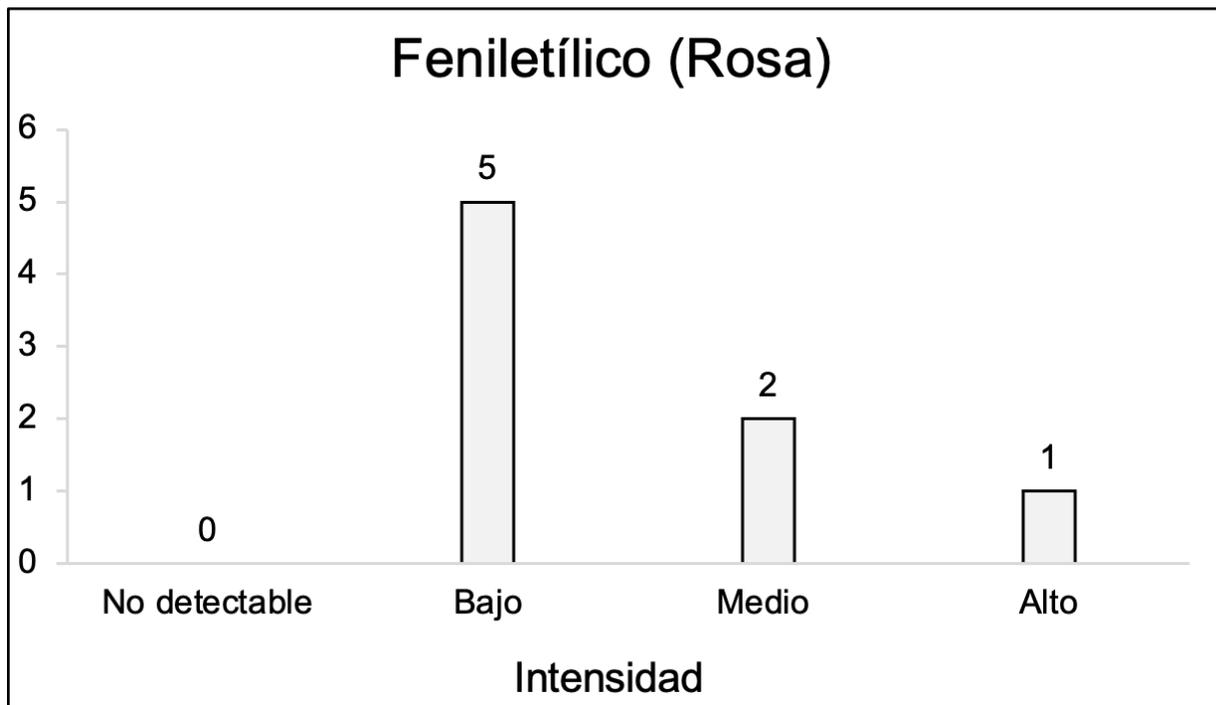
Se obtiene que de la esencia eucaliptol (eucalipto), los ocho participantes encontraron su intensidad en un rango medio de acuerdo a la escala de Likert mencionada en la metodología.

Figura 4.10. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia eucaliptol (eucalipto)



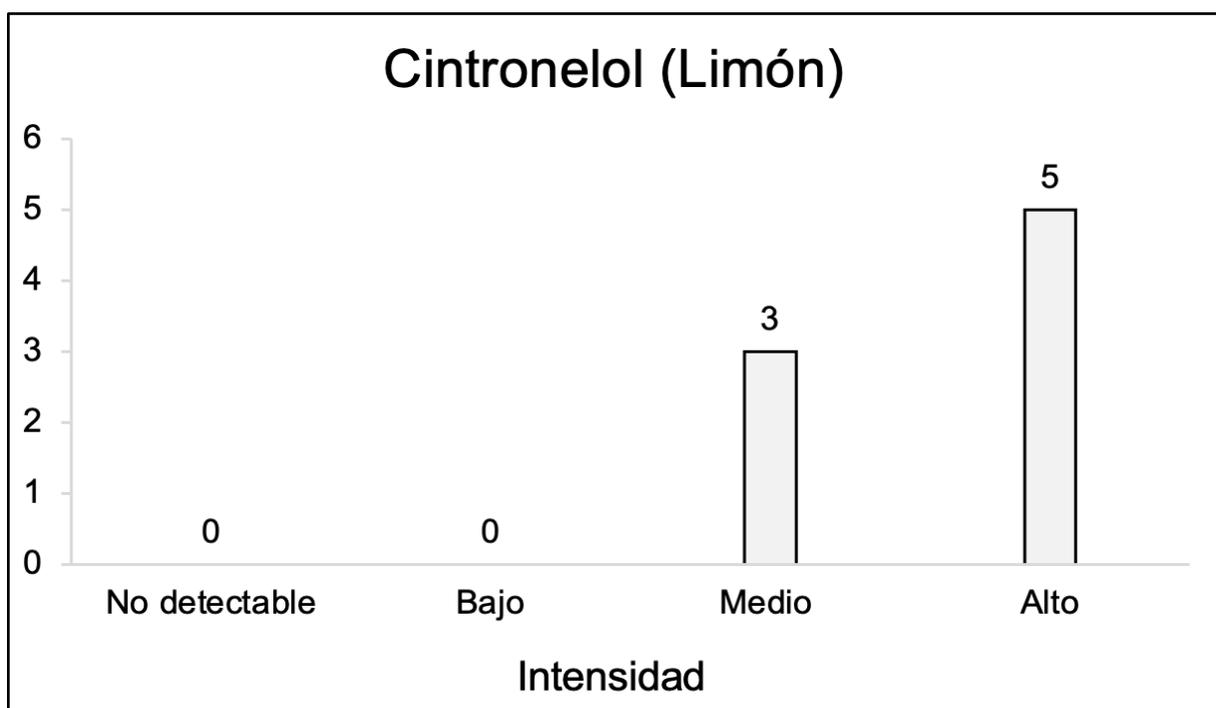
Se obtiene que de la esencia feniletílico (rosa), cinco de los ocho participantes encontraron la intensidad de este en un rango bajo, dos en un rango medio y solo un participante en rango bajo de acuerdo a la escala de Likert mencionada en la metodología.

Figura 4.11. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia feniletílico (rosa)



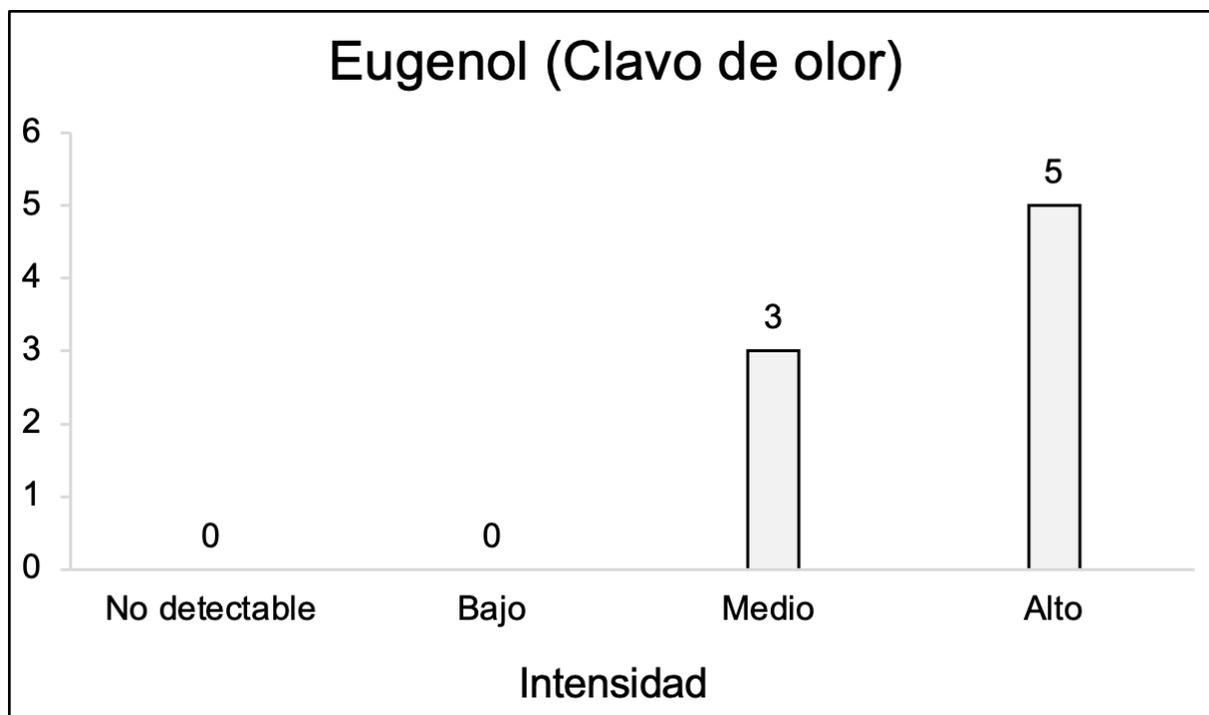
Se obtiene que de la esencia cintronelol (limón), tres de los ocho participantes encontraron la intensidad de este en un rango medio y cinco en un rango alto de acuerdo a la escala de Likert mencionada en la metodología.

Figura 4.12. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia cintronelol (limón)



Se obtiene que de la esencia eugenol (clavo de olor), tres de los ocho participantes encontraron la intensidad de este en un rango medio y cinco en un rango alto de acuerdo a la escala de Likert mencionada en la metodología.

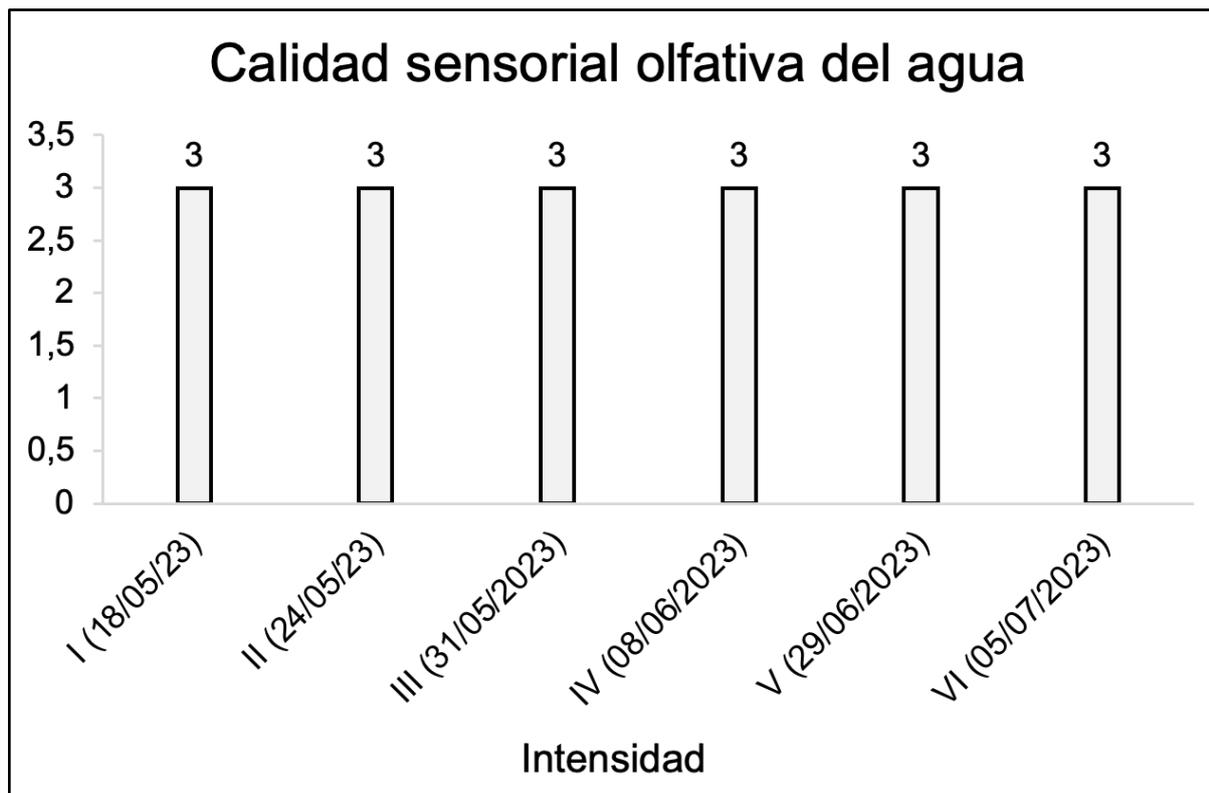
Figura 4.13. Cuantificación del nivel de intensidad de la esencia eugenol (clavo de olor)



Se escogió a aquellos que lograron determinar con mayor especificidad cuáles eran los tipos de esencia. Como resultado se obtuvo la selección de 2 mujeres y 2 hombres que lograron superar la prueba para, posteriormente, crear el perfil olfativo del agua de acuerdo a las fechas de muestreo y aplicación de los tratamientos fisicoquímicos.

Después, se procedió a la determinación de la calidad sensorial olfativa inicial del agua de riego. Se obtuvo los siguientes resultados:

Figura 4.14. Determinación de la calidad sensorial olfativa del agua



La figura 4.14. demuestra la calidad sensorial olfativa del agua para las seis diferentes fechas estudiadas del agua de riego inicial. Se determina que la intensidad del olor de las muestras de agua, de acuerdo a la escala de Likert, es alta. “La contaminación por malos olores está asociada a las urbes en donde hay desarrollos industriales, grandes cantidades de población y, por ende, también alta producción de desechos, lo cual es un indicio de contaminación a cuerpos de aguas”(González et al., 2021). Los olores desagradables presentes en el agua es otro parámetro que confirma un grado de contaminación. En general, los resultados se muestran constantes en relación a la intensidad de olor a través de los dos meses de estudio.

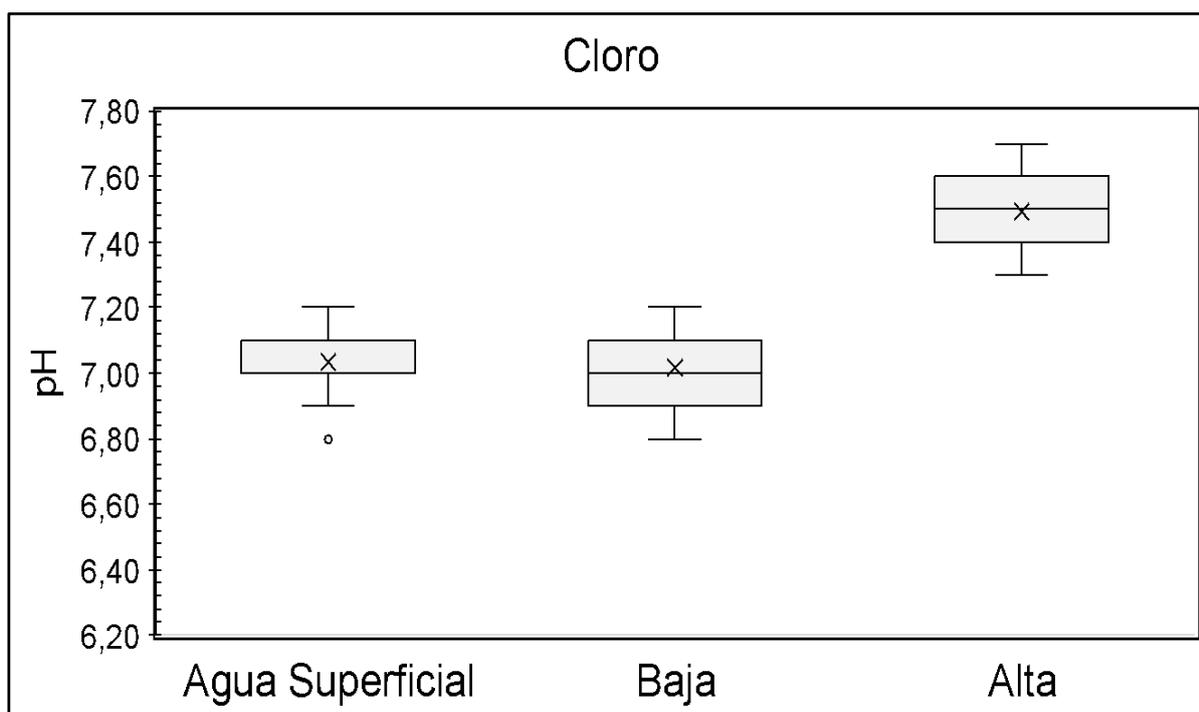
4.2. APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS BASADOS EN CAL, CARBÓN VEGETAL Y CLORO PARA LA REDUCCIÓN DE OLORES DEL AGUA DE RIEGO EN LA FINCA LA PASTORA SOL

Luego de aplicar tratamientos con sus respectivas réplicas, en los parámetros fisicoquímicos del agua a analizar descritos anteriormente en el diseño metodológico, se muestran los siguientes resultados:

La figura 4.15 demuestra los efectos de las concentraciones baja y alta de cloro comercial en el pH del agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que el pH del agua superficial varió en un intervalo que osciló entre 6,80 y 7,20.

De manera similar, se constató que la aplicación de una dosis baja de cloro generó un rango de pH comparable al registrado en el agua superficial sin tratamiento. Sin embargo, en marcado contraste, la administración de una dosis elevada de cloro produjo un cambio significativo en el pH, elevándose a valores entre 7,40 y 7,80.

Figura 4.15. Efecto de dosis de cloro pH del agua superficial

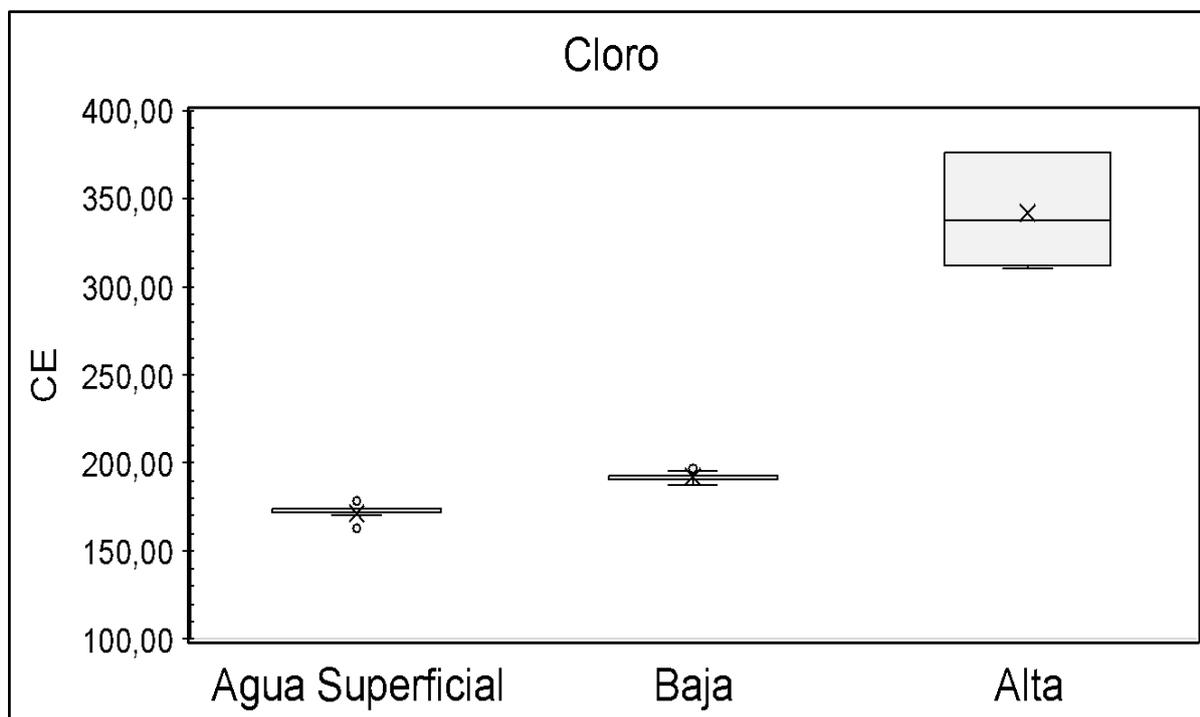


En la figura 4.16 se exponen los resultados derivados de la aplicación de cloro comercial en relación a la conductividad eléctrica del agua superficial procedente de la toma principal del sistema de riego Carrizal-Chone de la finca La Pastora Sol. En este análisis se evidencian valores de conductividad eléctrica fluctuantes en el rango de 163 a 178 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para el agua sin tratamiento.

En contraposición, cuando se aplicó una dosis baja de cloro al agua, se registraron valores aproximados de conductividad eléctrica entre 189 y 191 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando una leve elevación en comparación con el agua sin tratar. Sin embargo, al aplicar una dosis alta de cloro, se produjo un cambio significativo en la conductividad eléctrica,

que se incrementó a valores comprendidos entre 312 y 376 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que sugiere un aumento notable en la capacidad del agua para conducir la electricidad debido a la mayor presencia de iones en solución.

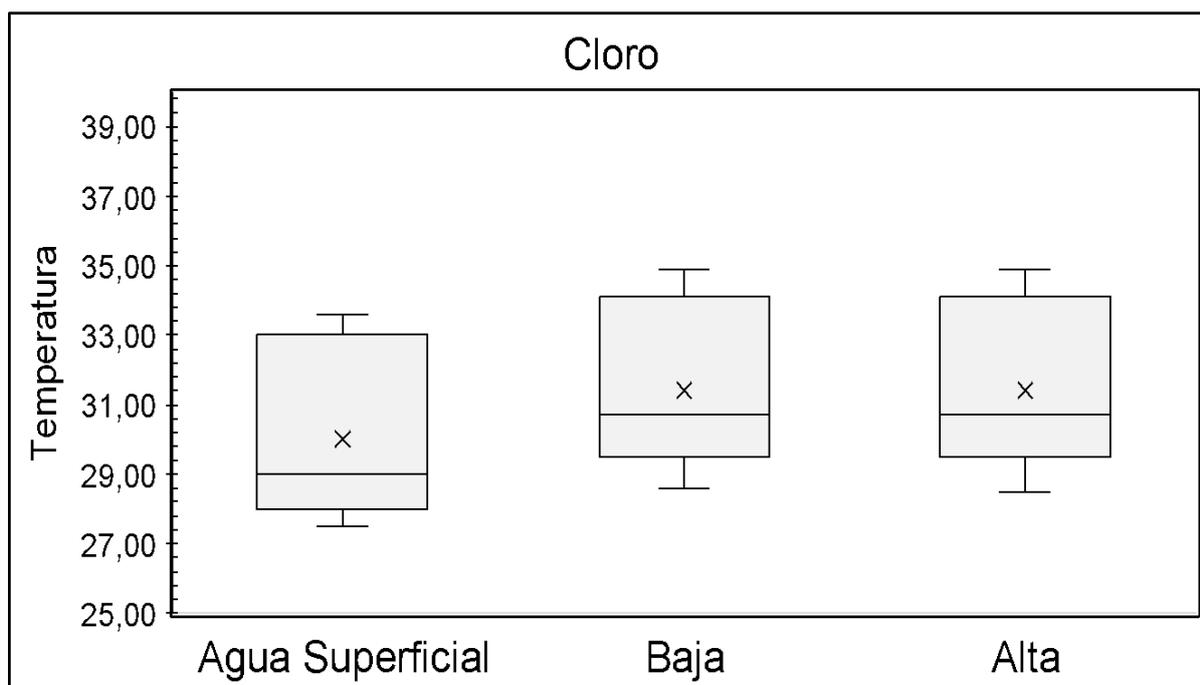
Figura 4.16. Efecto de dosis de cloro en CE del agua superficial



En la figura 4.17 se observa la temperatura del agua superficial procedente de la toma principal del sistema de riego Carrizal-Chone de la finca La Pastora Sol, utilizando cloro comercial. Estos datos corresponden al período comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio. Durante este período, se observaron variaciones en la temperatura del agua superficial, que oscilaron entre 28,70°C y 33°C.

En el caso de la aplicación de una dosis baja de cloro, se registraron valores aproximados de temperatura que variaron entre 28°C y 34,90°C. Por otro lado, al aplicar una dosis alta de cloro, no se observaron cambios significativos; los valores se mantuvieron en un rango aproximado de 28,50°C a 34,90°C.

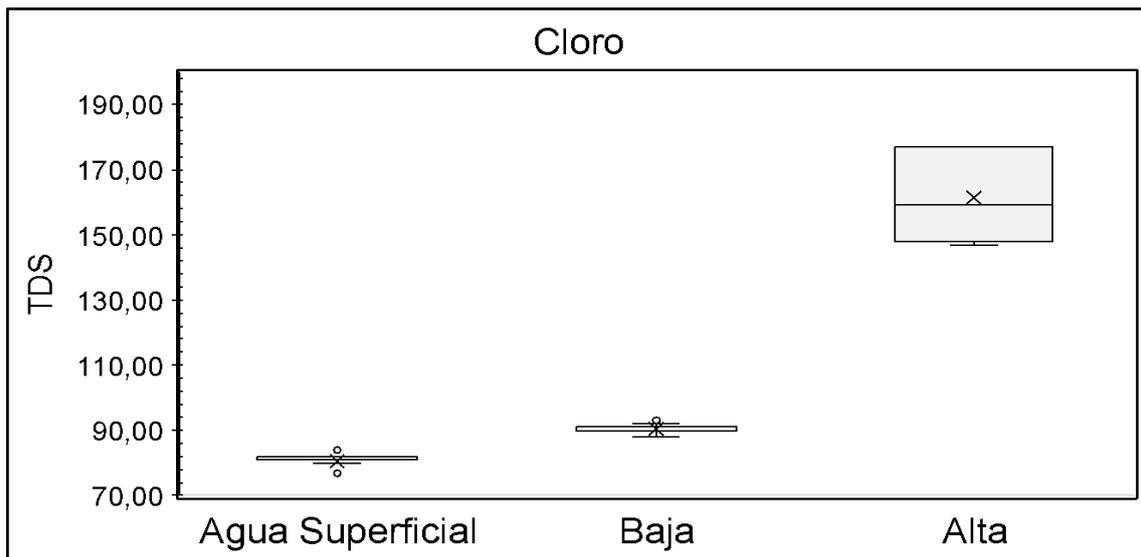
Figura 4.17. Efecto de dosis de cloro en la temperatura del agua superficial



En la figura 4.18 se demuestran los resultados obtenidos en relación al contenido de cloro en su forma comercial con respecto a los sólidos totales disueltos (TDS) presentes en el agua superficial extraída de la toma principal del sistema de riego Carrizal-Chone de la finca La Pastora Sol.

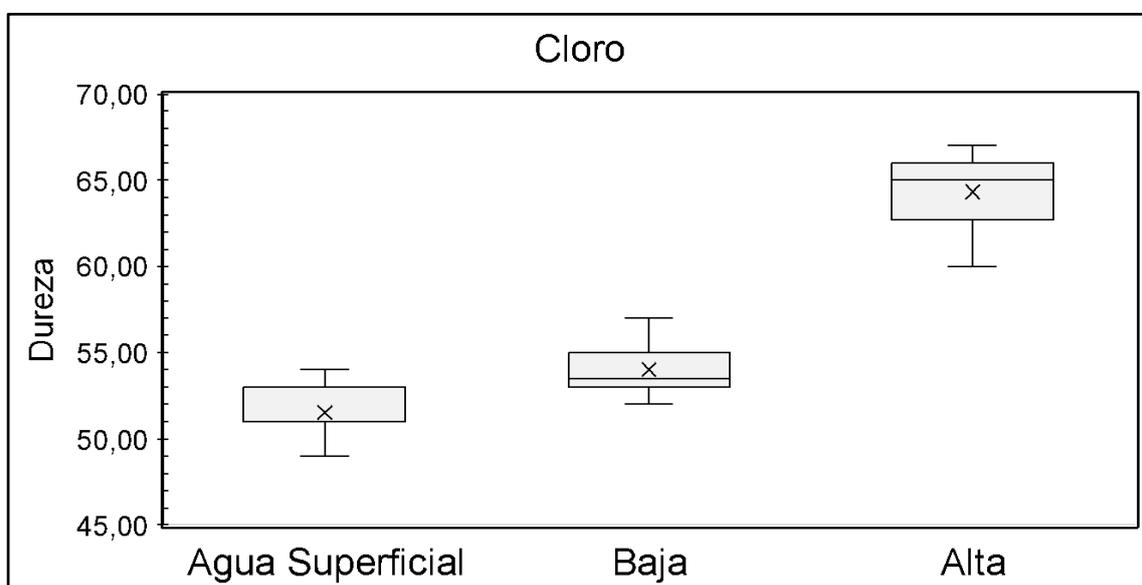
Los niveles de TDS en el agua superficial, durante el período que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, oscilaron en un intervalo que se mantuvo constantemente entre 77 y 82 ppm. Los niveles de cloro aplicados en la forma de dosis baja revelaron valores que se aproximaron a un rango de 88 a 91 unidades. En contraste, cuando se empleó una dosis alta de cloro, los valores correspondientes se elevaron sustancialmente, alcanzando aproximadamente el intervalo de 170 a 177 ppm.

Figura 4.18. Efecto de dosis de cloro en los TDS del agua superficial



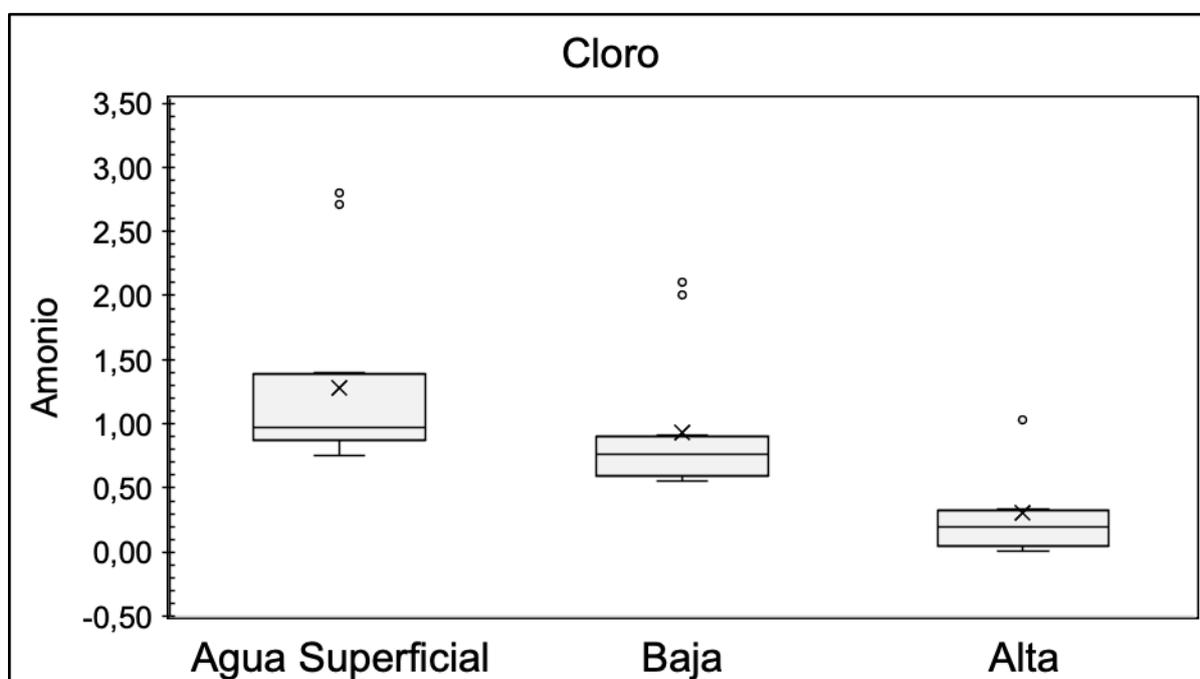
En la figura 4.19 presenta la data en relación a la dureza del agua superficial proveniente de la toma principal del sistema de riego Carrizal-Chone de la finca La Pastora Sol, mediante el uso de cloro comercial. Durante el período comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de dureza del agua superficial oscilaron en un rango de 49 a 53 ppm. En el caso de la aplicación de una dosis baja de cloro, los valores registrados se situaron aproximadamente entre 53 y 57 ppm, mientras que la dosis alta exhibió valores cercanos a 60 y 67 ppm, en marcado contraste con la dosis baja.

Figura 4.19. Efecto de dosis de cloro en la dureza del agua superficial



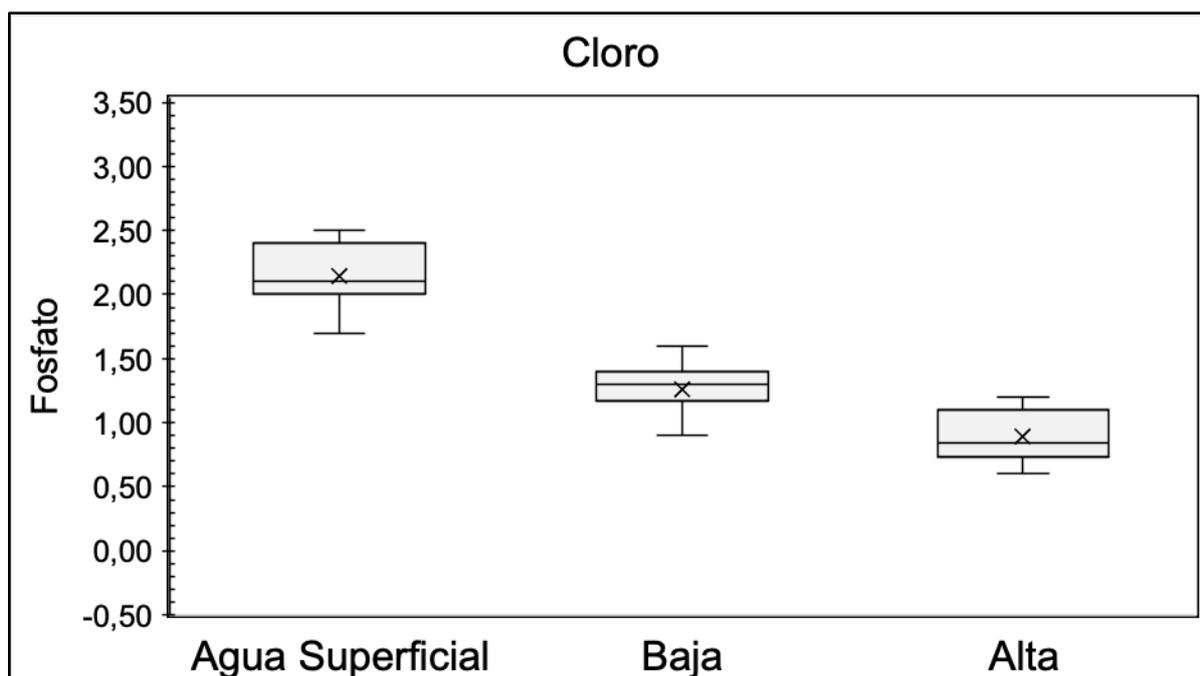
En la figura 4.20. se observa la acción del cloro comercial sobre la concentración de amonio en el agua superficial. Los niveles de amonio en el agua superficial durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio se situaron en un intervalo que osciló entre 0,75 y 2,80 unidades de concentración (ppm). En el caso de la dosis baja de cloro aplicada, se observaron valores aproximados que variaron desde 2,10 ppm a los 0,55 ppm. En contraste, cuando se aplicó una dosis alta de cloro, la concentración de amonio fue reducida a un intervalo entre 1,04 ppm y 0,01 ppm. Estos datos proporcionan una visión detallada de la influencia positiva de la dosificación de cloro en la concentración de amonio en el agua superficial proveniente de la represa La Esperanza durante el periodo de estudio especificado.

Figura 4.20. Efecto de dosis de cloro en amonio del agua superficial



Se demuestra, en la figura 4.21, los resultados respecto a la concentración de fosfatos en el agua superficial, utilizando cloro comercial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de fosfato en el agua superficial oscilaron en un rango que varió entre 2,50 y 1,70 ppm. En cuanto a la dosis baja de cloro aplicada, se registraron valores aproximados en el intervalo de 1,50 a 0,90 ppm. Por otro lado, la dosis alta de cloro presentó valores aproximados en el rango de 1,20 a 0,60 unidades, revelando una notable diferencia con respecto a la dosis baja.

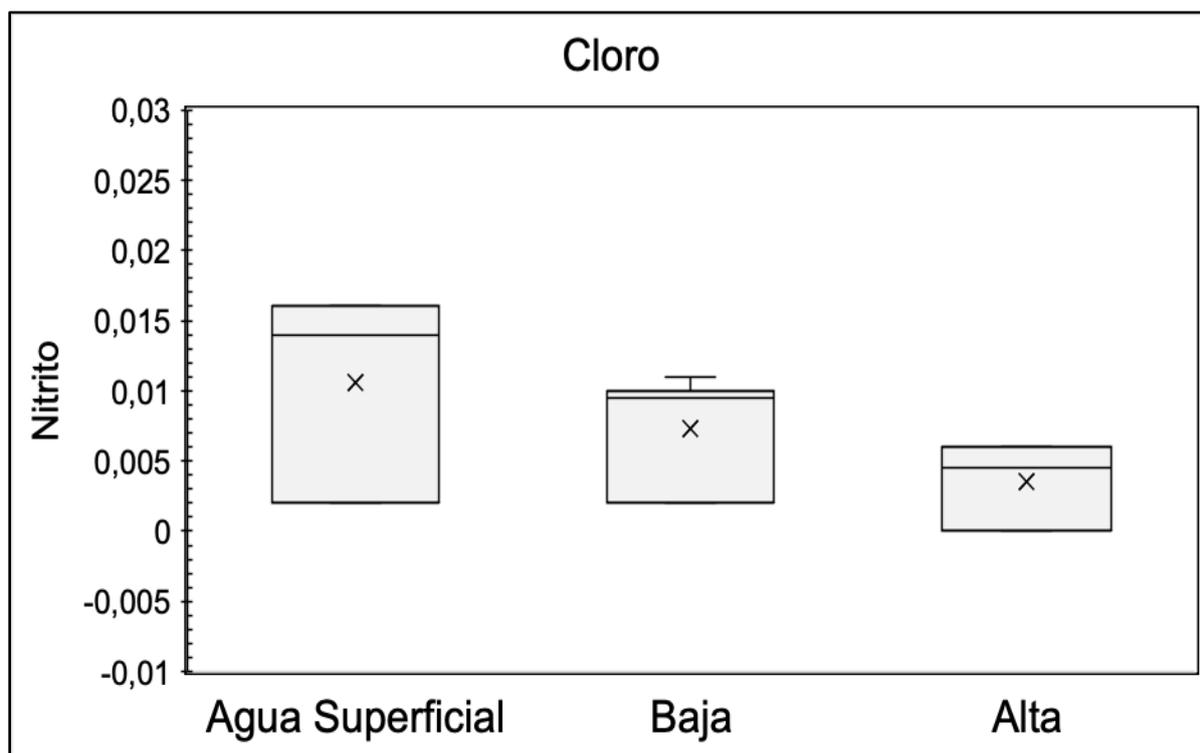
Figura 4.21. Efecto de dosis de cloro en fosfatos del agua superficial



En la figura 4.22 se detallan los resultados obtenidos mediante el uso de cloro comercial en relación con la concentración de nitritos en el agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de nitritos en el agua superficial oscilaron en un rango que varió notablemente, con valores comprendidos entre 0,016 y 0,002 ppm.

En el caso de la dosis baja de cloro aplicada, se registraron valores aproximados en el intervalo de 0,011 a 0,002 ppm, lo que indica una eficaz reducción de los niveles de nitritos en el agua. De manera aún más eficaz, la dosis alta de cloro presentó valores aproximados en el rango de 0,006 a 0,000 ppm, demostrando una drástica disminución de los nitritos en el agua superficial.

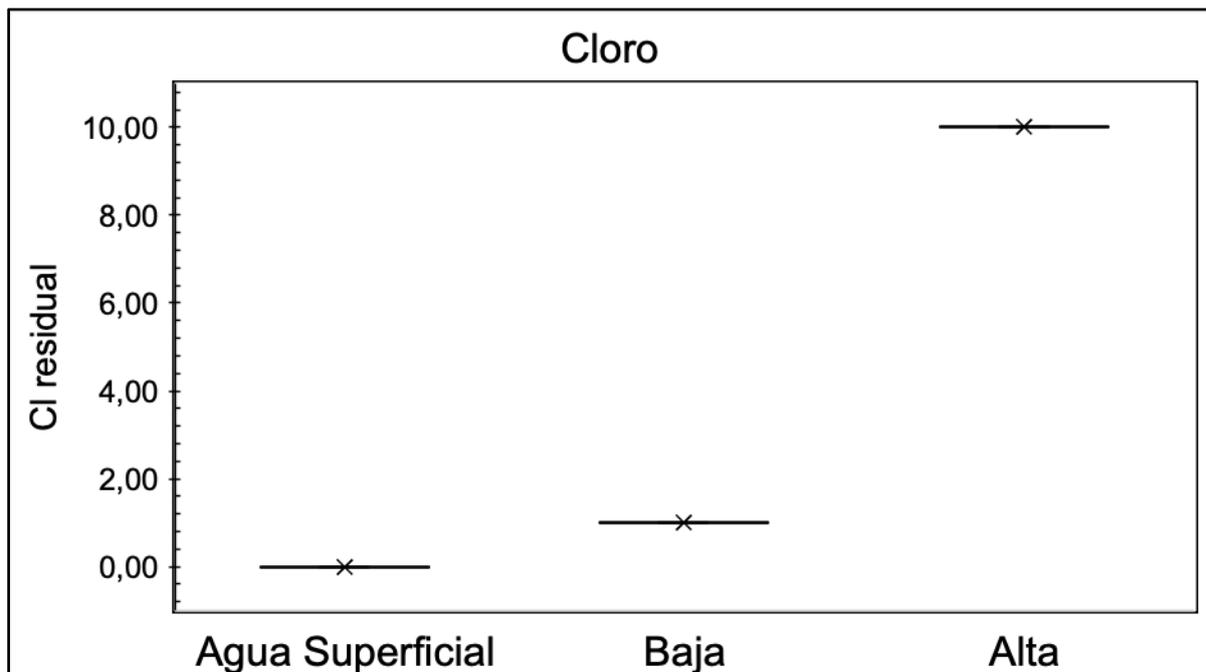
Figura 4.22. Efecto de dosis de cloro en nitrato del agua superficial



En la figura 4.23 se exponen los resultados obtenidos al analizar la concentración de cloro residual, proveniente del cloro comercial, en el agua superficial.

Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se constató que la concentración de cloro residual en el agua superficial se mantuvo en un nivel de 0,00 ppm. En el caso de la dosis baja de cloro aplicada, se obtuvo un valor de 1,00 ppm como resultado, lo que sugiere una concentración mínima de cloro residual en el agua superficial. En contraste, la dosis alta de cloro resultó en una concentración significativamente mayor, alcanzando un valor de 10 ppm. Estos datos destacan la influencia directa de la cantidad de cloro aplicado en la concentración de cloro residual.

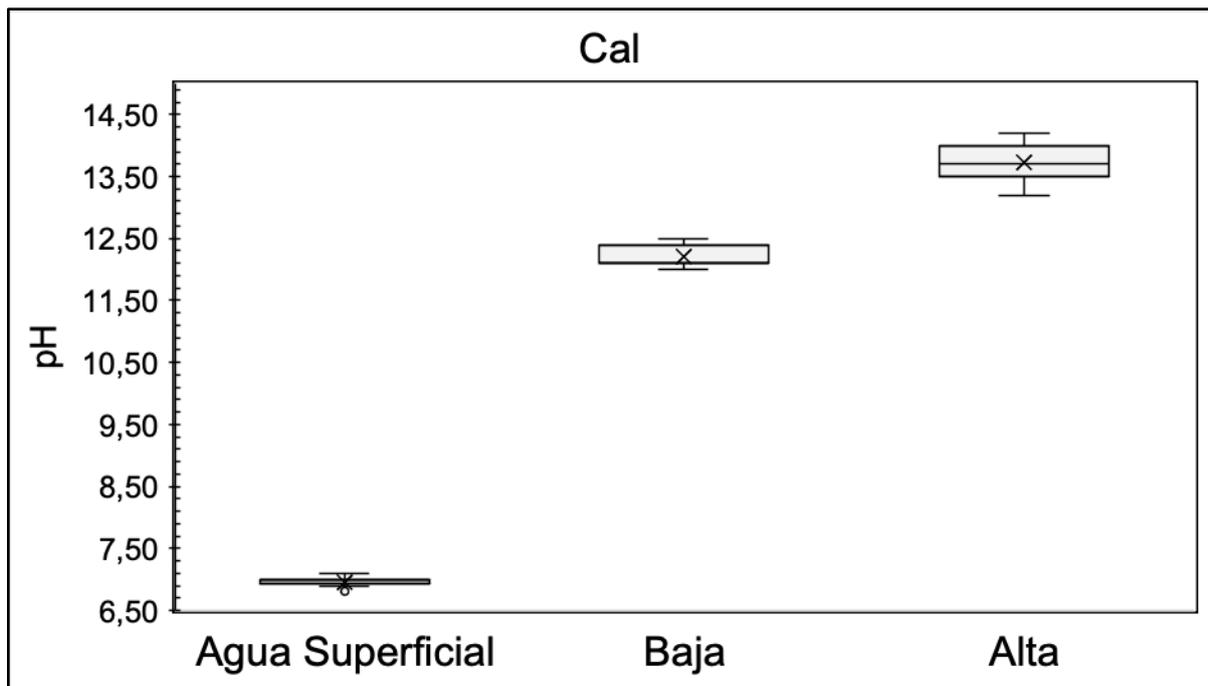
Figura 4.23. Efecto de dosis de cloro en cloro residual del agua superficial



En la figura 4.24 se presentan de manera detallada los resultados obtenidos en relación con la aplicación de hidróxido de calcio (cal) en el pH del agua superficial.

Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se observó una variación en el pH del agua superficial, la cual osciló en el rango comprendido entre 6,10 y 7. Los valores registrados para el pH en presencia de una dosis baja de cal se situaron en un rango aproximado de 12 a 12,50 unidades de pH, mientras que, en marcado contraste, la aplicación de una dosis alta de cal resultó en valores de pH que se ubicaron en un intervalo aproximado de 13,20 a 14,20 unidades de pH. Estos datos revelan claramente el efecto significativo de la dosis de cal en el pH del agua superficial que proviene de la represa La Esperanza durante el periodo de estudio.

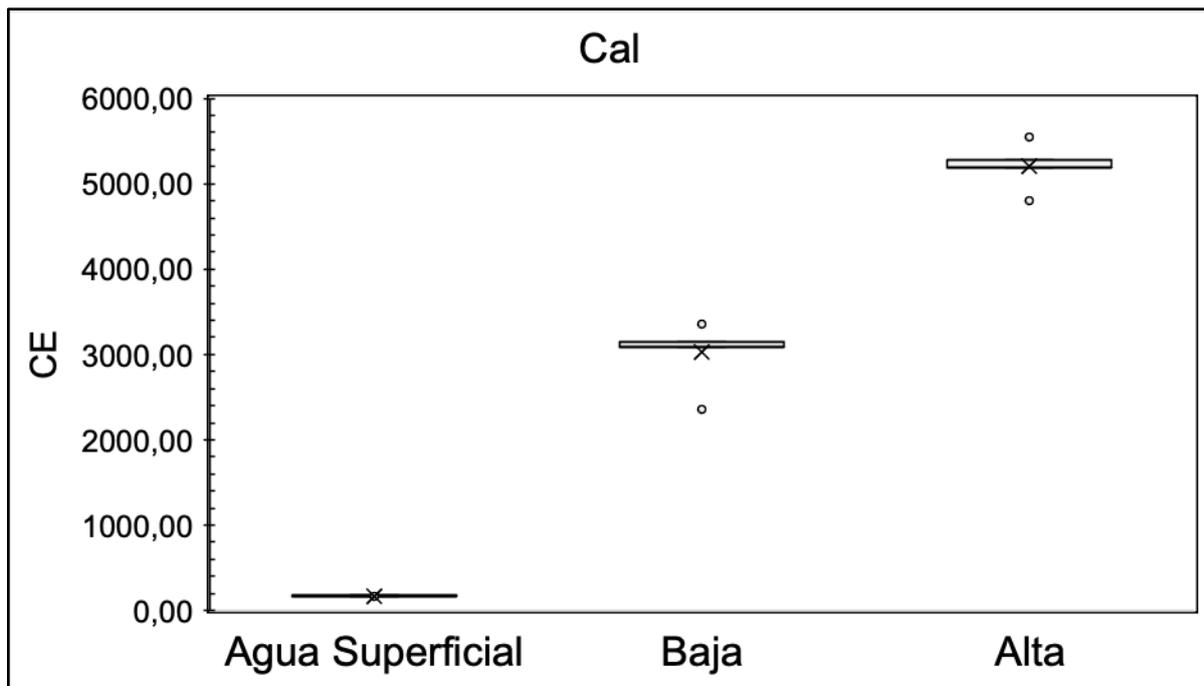
Figura 4.24. Efecto de dosis de cal en el pH del agua superficial



Se observa, la figura 4.25, la data obtenida con respecto a la influencia del hidróxido de calcio (cal) en la conductividad eléctrica del agua superficial.

Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se observaron variaciones en la conductividad eléctrica del agua superficial, que se situaron en un rango comprendido entre 163 y 178 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de la aplicación de una dosis baja de cal, se registraron valores aproximados de conductividad eléctrica que oscilaron entre 2362 y 3361 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En marcado contraste, la dosis alta de cal resultó en valores aproximados de conductividad eléctrica que variaron entre 4797 y 5551 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

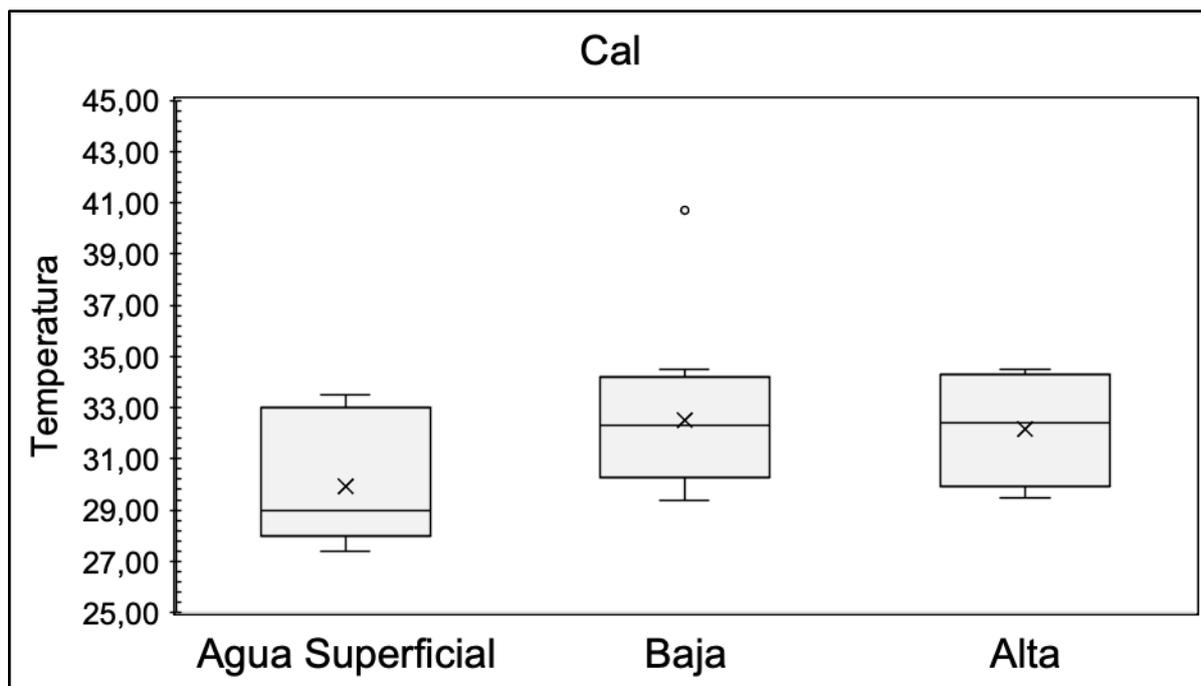
Figura 4.25. Efecto de dosis de cal en la CE del agua superficial



En la figura 4.26 se observa la influencia de la adición de cal en la temperatura del agua superficial. Los datos registrados comprenden el periodo desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio y reflejan una variación de temperatura en el agua superficial que osciló entre los 27,40°C y los 33,50°C.

En particular, los valores correspondientes a la dosis baja de cal se situaron en un rango aproximado de 29,40°C a 40°C, mientras que los registros relacionados con la dosis alta de cal mostraron temperaturas en el intervalo aproximado de 29,60°C a 34,60°C. Estos resultados proporcionan una visión más detallada de cómo la adición de cal afecta la temperatura del agua superficial de la toma principal del agua de riego en la finca La Pastora Sol.

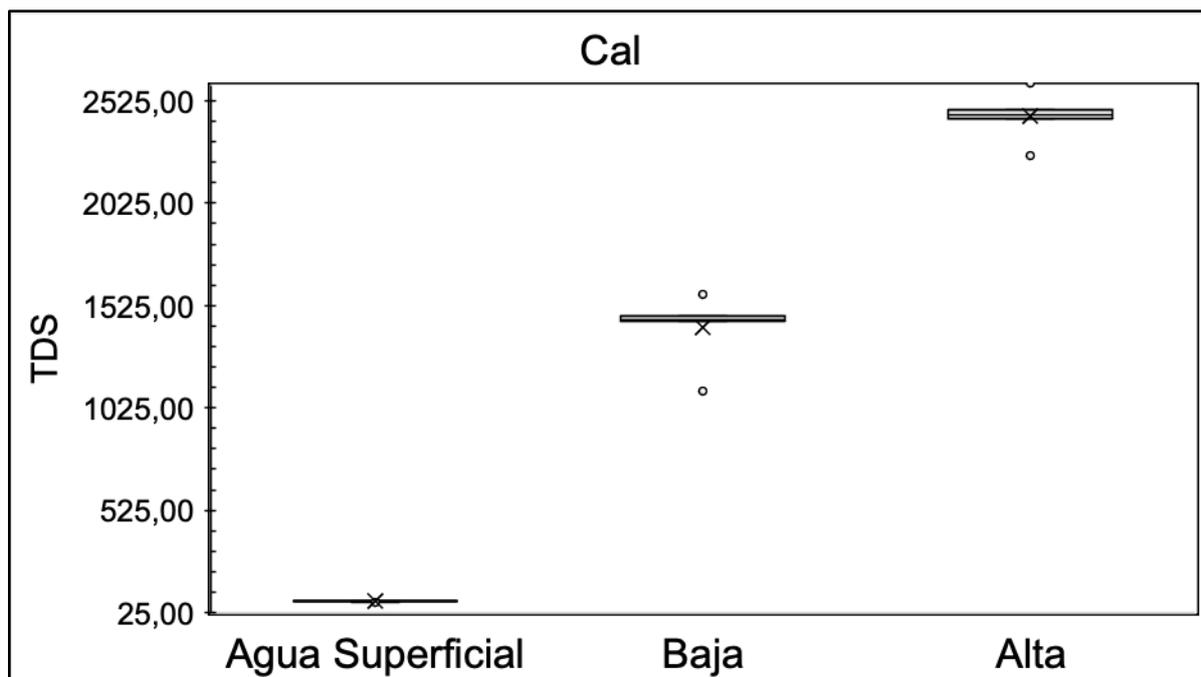
Figura 4.26. Efecto de dosis de cal en la temperatura del agua superficial



En la figura 4.27 se muestra la influencia de la adición de cal en los sólidos totales disueltos (TDS) presentes en el agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de TDS en el agua superficial fluctuaron dentro del rango de 77 a 84 ppm.

Es importante destacar que la adición de una dosis baja de cal generó un aumento significativo en los niveles de TDS, con valores aproximados que oscilaron entre 1110 y 1580 ppm. Por otro lado, al aplicar una dosis alta de cal, los valores de TDS registraron un incremento aún más pronunciado, con niveles aproximados que se situaron entre 2255 y 2609 ppm.

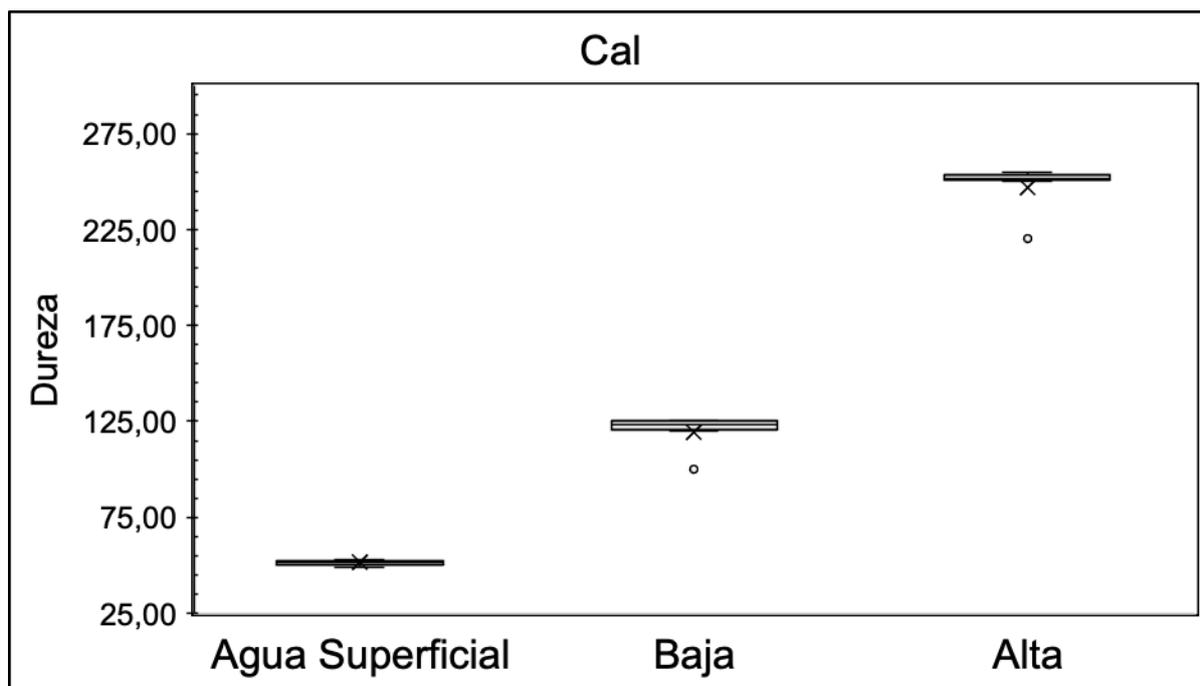
Figura 4.27. Efecto de dosis de cal en los TDS del agua superficial



En la figura 4.28 se presentan los resultados obtenidos de la influencia de la adición de cal en la dureza del agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de dureza del agua superficial se mantuvieron dentro de un rango estrecho, oscilando entre 49 y 53 ppm.

Es importante destacar que la aplicación de una dosis baja de cal generó un aumento moderado en los niveles de dureza, con valores aproximados que variaron entre 100 y 125 ppm. Por otro lado, al utilizar una dosis alta de cal, se observó un incremento más notable en los niveles de dureza, con valores aproximados que se ubicaron en el intervalo entre 220 y 253 ppm.

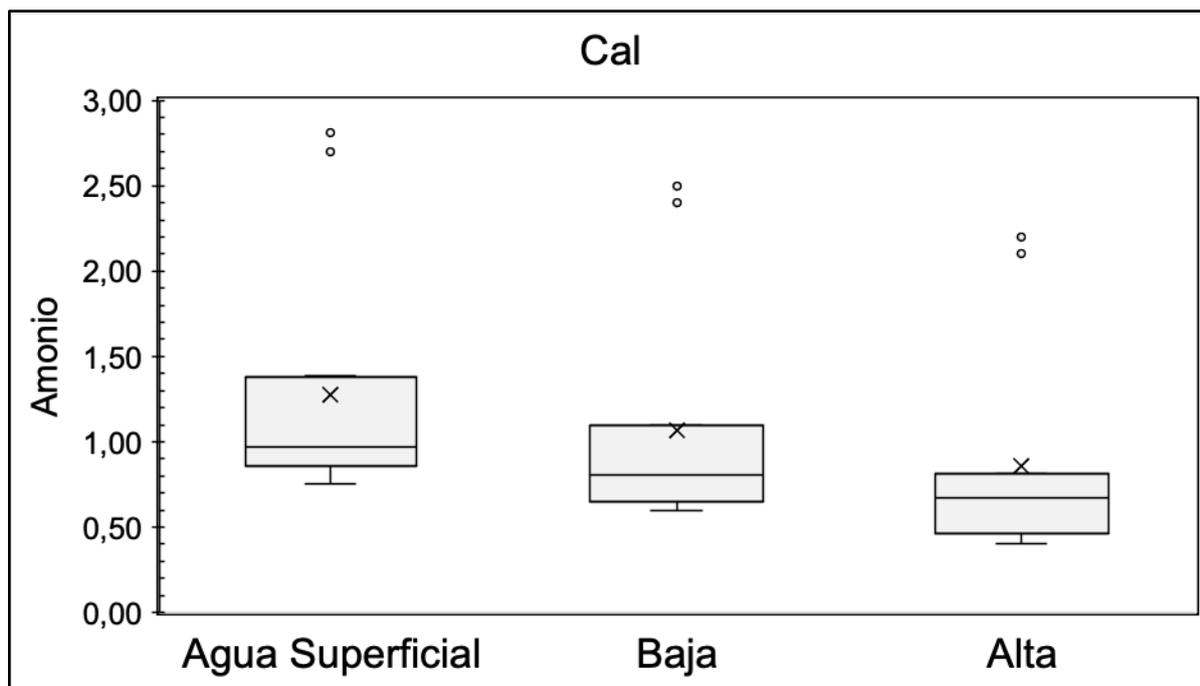
Figura 4.28. Efecto de dosis de cal en la dureza del agua superficial



En la figura 4.29 se exhiben los resultados obtenidos en el estudio de la influencia de la adición de cal sobre los niveles de amonio presente en el agua superficial. Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se registraron valores de amonio en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango comprensivo, fluctuando entre 2,81 y 0,75 ppm.

Es crucial destacar que la aplicación de una dosis baja de cal ocasionó una variación moderada en los niveles de amonio, con valores aproximados que oscilaron entre 2,50 a 0,60 ppm. Por otro lado, al utilizar una dosis alta de cal, se evidenció una reducción significativa en los niveles de amonio, con valores aproximados que se situaron en el intervalo comprendido entre 2,20 a 0,40 ppm.

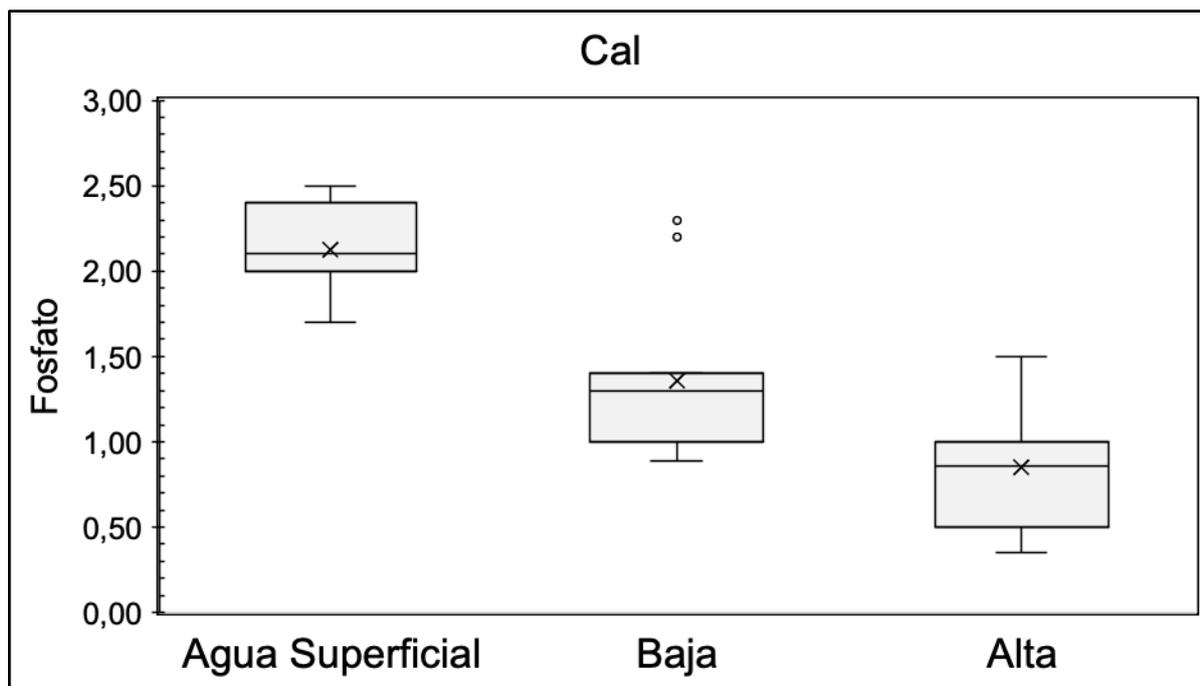
Figura 4.29. Efecto de dosis de cal en amonio del agua superficial



En la figura 4.30 se observa la influencia de la adición de cal sobre los niveles de fosfato presente en el agua superficial. Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se registraron concentraciones de fosfato en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango específico, oscilando entre 2,50 a 1,70 ppm.

Es crucial resaltar que, la implementación de una dosis baja de cal ocasionó una variación modesta en los niveles de fosfato, con valores aproximados que variaron entre 2,30 a 0,89 ppm. En contraste, la aplicación de una dosis alta de cal produjo una disminución más significativa en los niveles de fosfato, con valores aproximados que se ubican en el intervalo comprendido de 1,5 a 0,35 ppm.

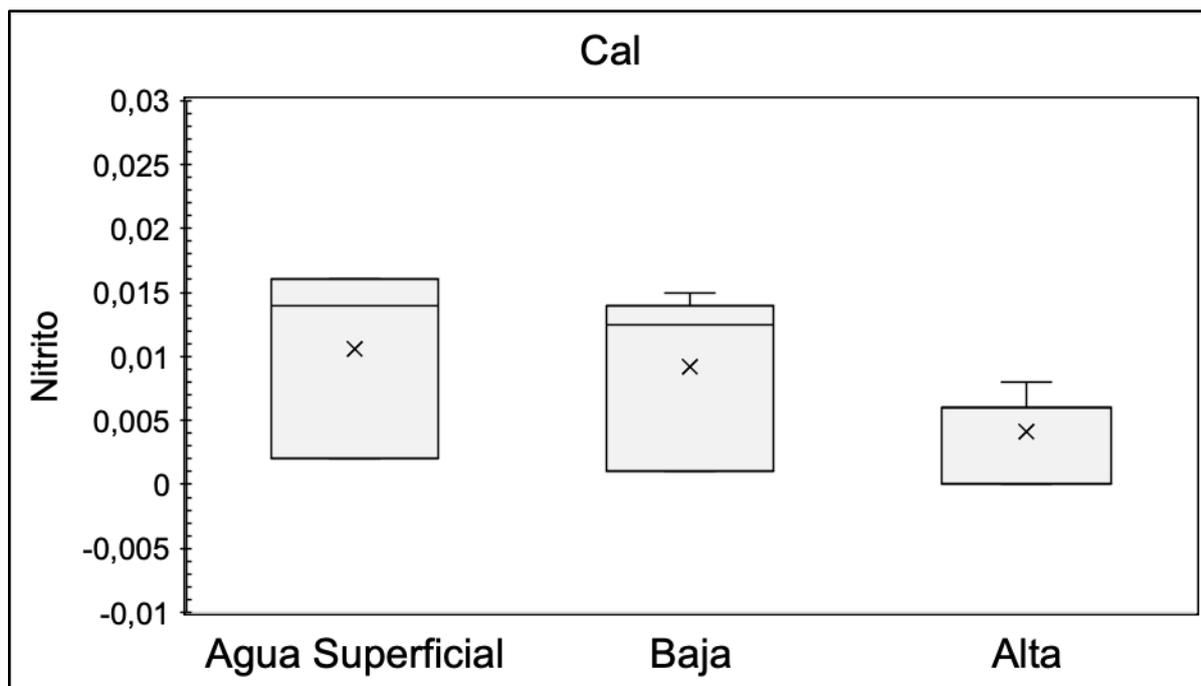
Figura 4.30. Efecto de dosis de cal en fósforo del agua superficial



La figura 4.31 presenta el hallazgo obtenido del estudio sobre el efecto de la adición de cal en los niveles de nitritos presentes en el agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observaron concentraciones de nitritos en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango específico, variando entre 0,016 a 0,002 ppm.

Es importante destacar que la aplicación de una dosis baja de cal generó una influencia moderada en los niveles de nitritos, con valores aproximados que oscilaron entre 0,015 a 0,001 ppm. Por otro lado, de manera alentadora, la aplicación de una dosis alta de cal resultó en una reducción significativa de los niveles de nitritos, con valores aproximados que se situaron entre 0,008 a 0 ppm, siendo un muy buen resultado para la remoción de nitritos.

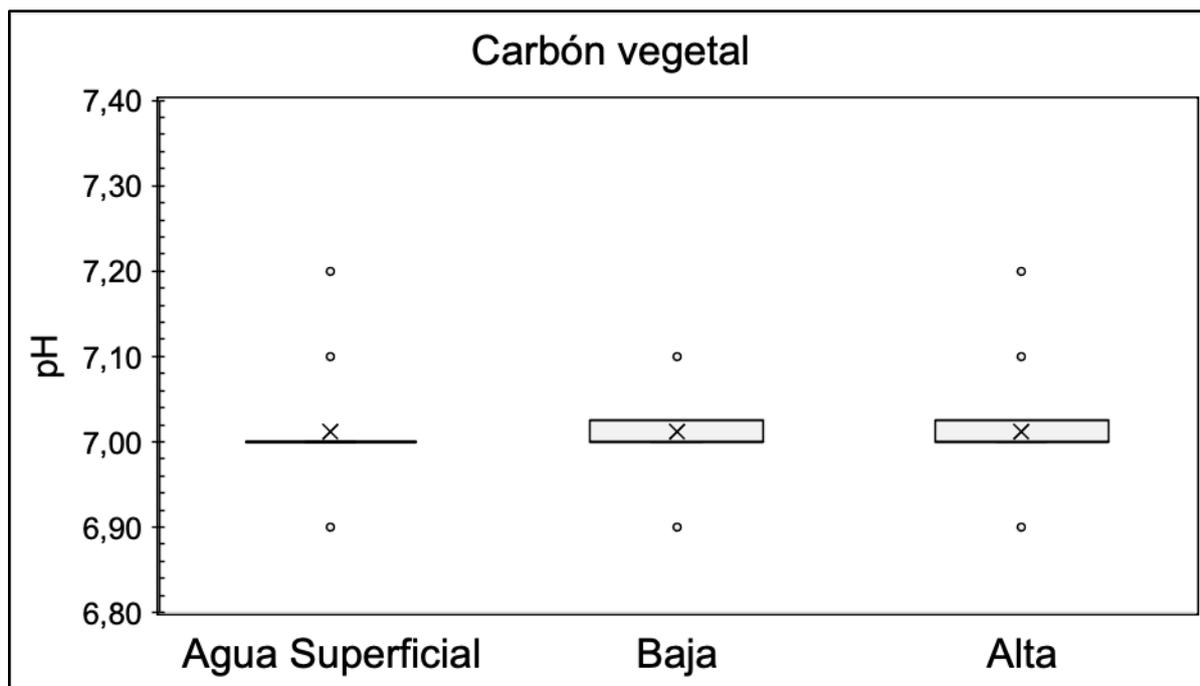
Figura 4.31. Efecto de dosis de cal en nitrato del agua superficial



En la figura 4.32 se presentan de manera detallada los resultados obtenidos en relación con la aplicación de carbón vegetal en el pH del agua superficial.

Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se observó una variación en el pH del agua superficial, la cual osciló en el rango comprendido entre 6,90 y 7,20. Los valores registrados para el pH en presencia de una dosis baja de carbón vegetal se situaron en un rango aproximado de 6,90 a 7,10. De igual manera, la aplicación de una dosis alta de carbón vegetal resultó con valores similares de pH a la dosis baja que se ubicaron en un intervalo aproximado de 6,90 a 7,20 unidades de pH. Estos datos demuestran que las dosis de carbón vegetal no influyen directamente en el pH del agua superficial.

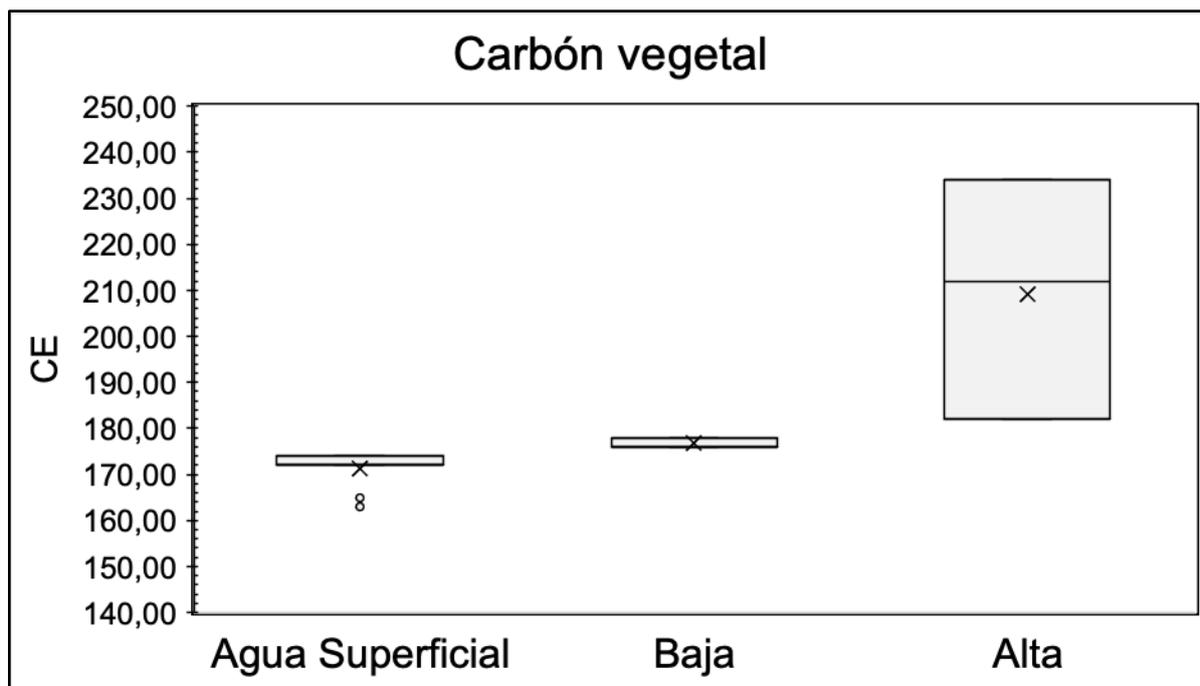
Figura 4.32. Efecto de dosis de carbón en pH del agua superficial



La figura 4.33 exhibe los resultados obtenidos con respecto a la influencia del carbón vegetal en la conductividad eléctrica del agua superficial.

Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se observaron variaciones en la conductividad eléctrica del agua superficial, que se situaron en un rango comprendido entre 163 y 174 microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). En el caso de la aplicación de una dosis baja de carbón vegetal, se registraron valores aproximados de conductividad eléctrica que oscilaron entre 176 a 178 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En contraste, la dosis alta de carbón vegetal resultó en valores aproximados de conductividad eléctrica que variaron entre 182 a 234 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

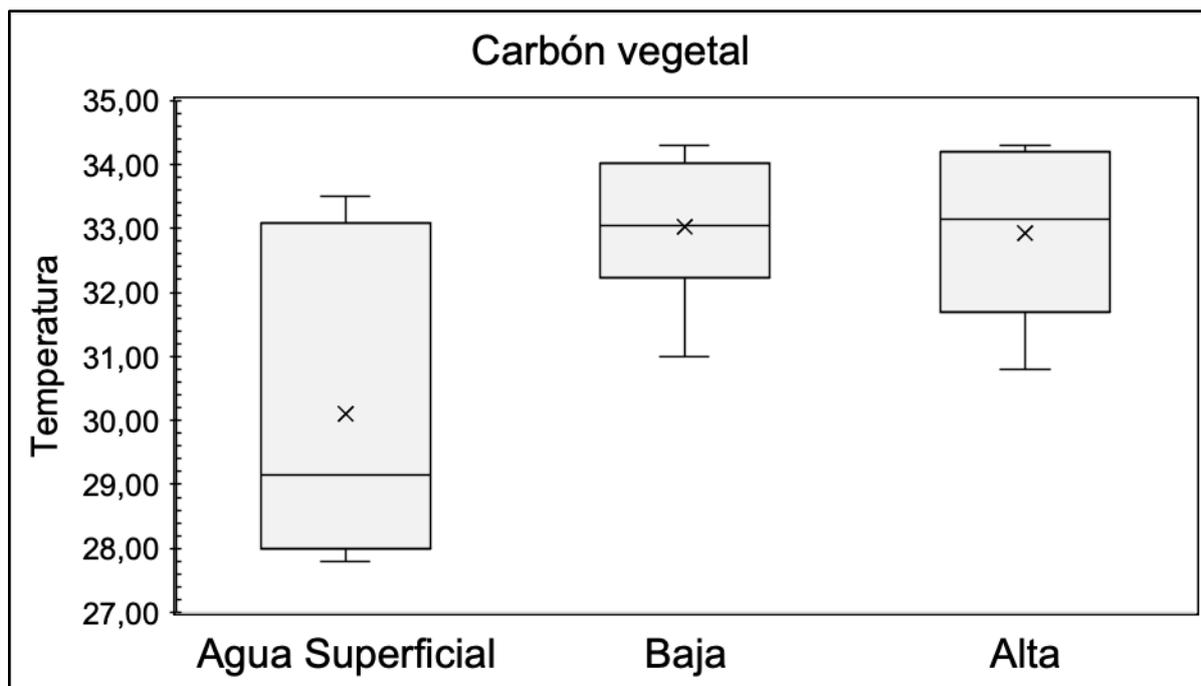
Figura 4.33. Efecto de dosis de carbón vegetal en CE del agua superficial



La figura 4.34 demuestra los resultados obtenidos respecto a la influencia de la adición de carbón vegetal en la temperatura del agua superficial. Los datos registrados comprenden el periodo desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio y reflejan una variación de temperatura en el agua superficial que osciló entre los 27,90°C y los 33,30°C.

En particular, los valores correspondientes a la dosis baja de carbón se situaron en un rango aproximado de 31,00°C a 34,30°C, mientras que los registros relacionados con la dosis alta de carbón vegetal mostraron temperaturas en el intervalo aproximado de 30,80°C a 34,30°C. Estos resultados proporcionan una visión más detallada de cómo la adición de carbón vegetal afecta la temperatura del agua superficial de la toma principal del agua de riego en la finca La Pastora Sol.

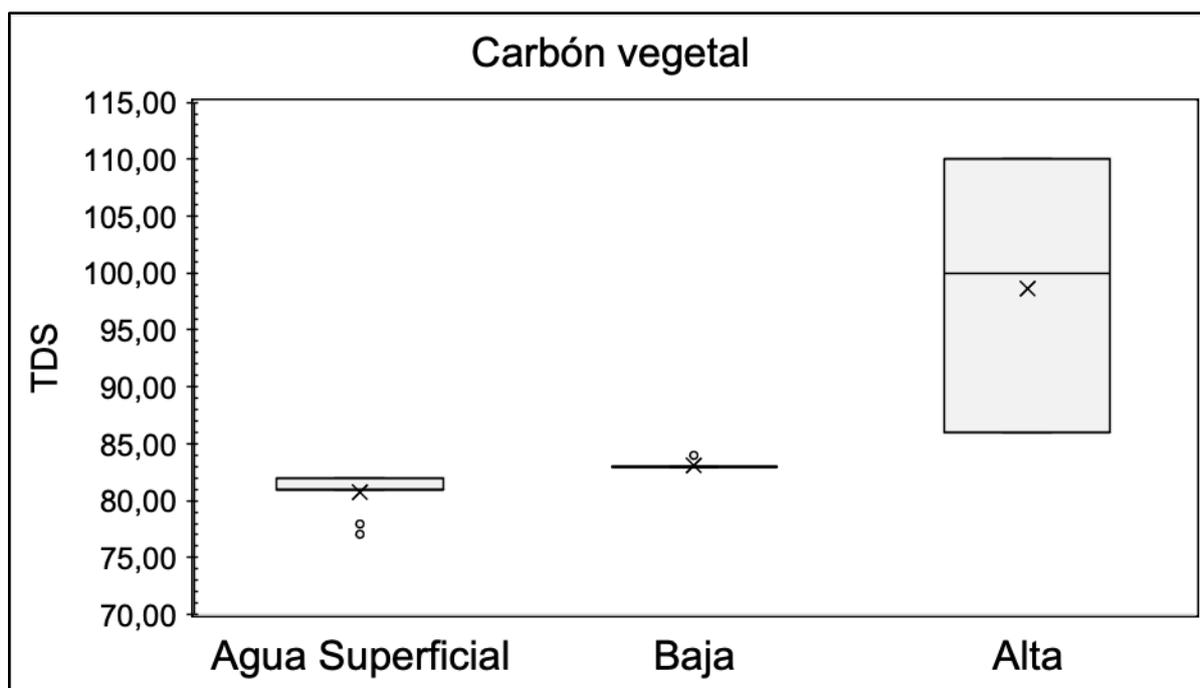
Figura 4.34. Efecto de dosis de carbón vegetal en la temperatura del agua superficial



En la figura 4.35 se presentan los resultados obtenidos en relación con la influencia de la adición de carbón vegetal en los sólidos totales disueltos (TDS) presentes en el agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de TDS en el agua superficial fluctuaron dentro del rango de 77 a 82 ppm.

Es importante destacar que la adición de una dosis baja de carbón vegetal no generó un aumento significativo en los niveles de TDS, con valores aproximados que oscilaron entre 83 y 84 ppm. Del mismo lado, al aplicar una dosis alta de cal, los valores de TDS registraron un leve incremento a comparación de la dosis baja, con niveles aproximados que se situaron entre 234 y 182 ppm.

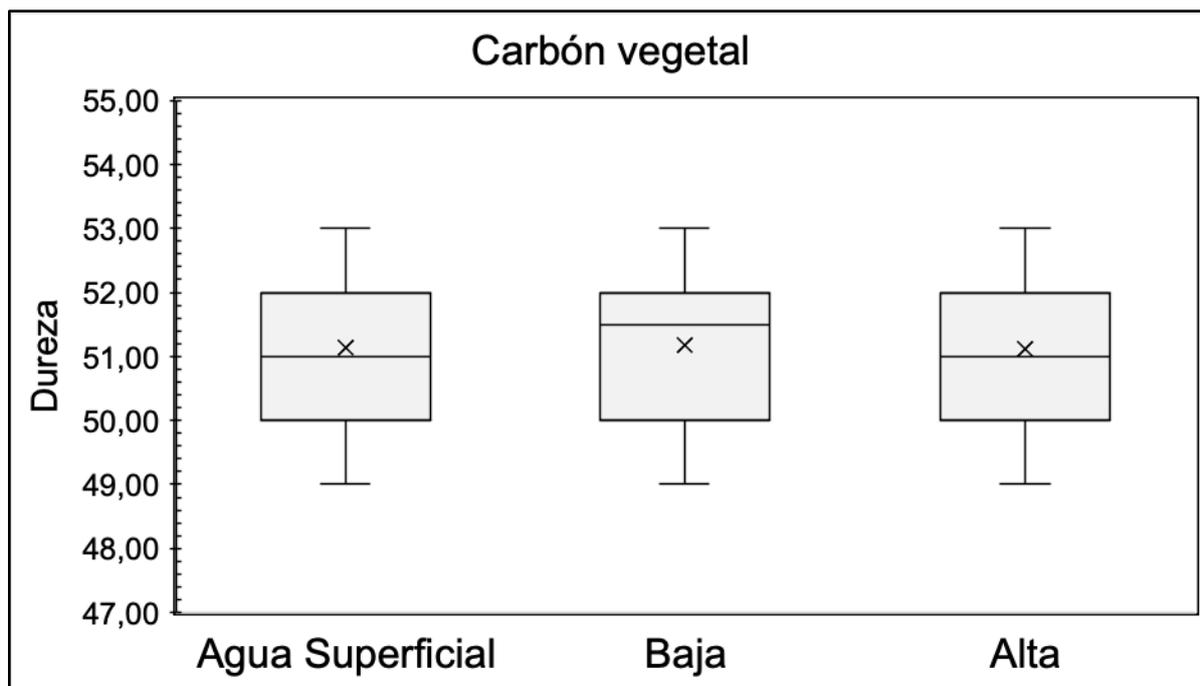
Figura 4.35. Efecto de dosis de carbón vegetal en TDS del agua superficial



En la figura 4.36 se presentan los resultados obtenidos de la influencia de la adición de carbón vegetal en la dureza del agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observó que los niveles de dureza del agua superficial se mantuvieron dentro de un rango estrecho, oscilando entre 49 y 53 ppm.

Es importante destacar que la aplicación de una dosis baja de carbón vegetal no generó aumento en los niveles de dureza, con valores aproximados que variaron entre 49 y 53 ppm. De la misma manera, al utilizar una dosis alta de cal, se observó valores aproximados que se ubicaron en el intervalo entre 49 y 53 ppm.

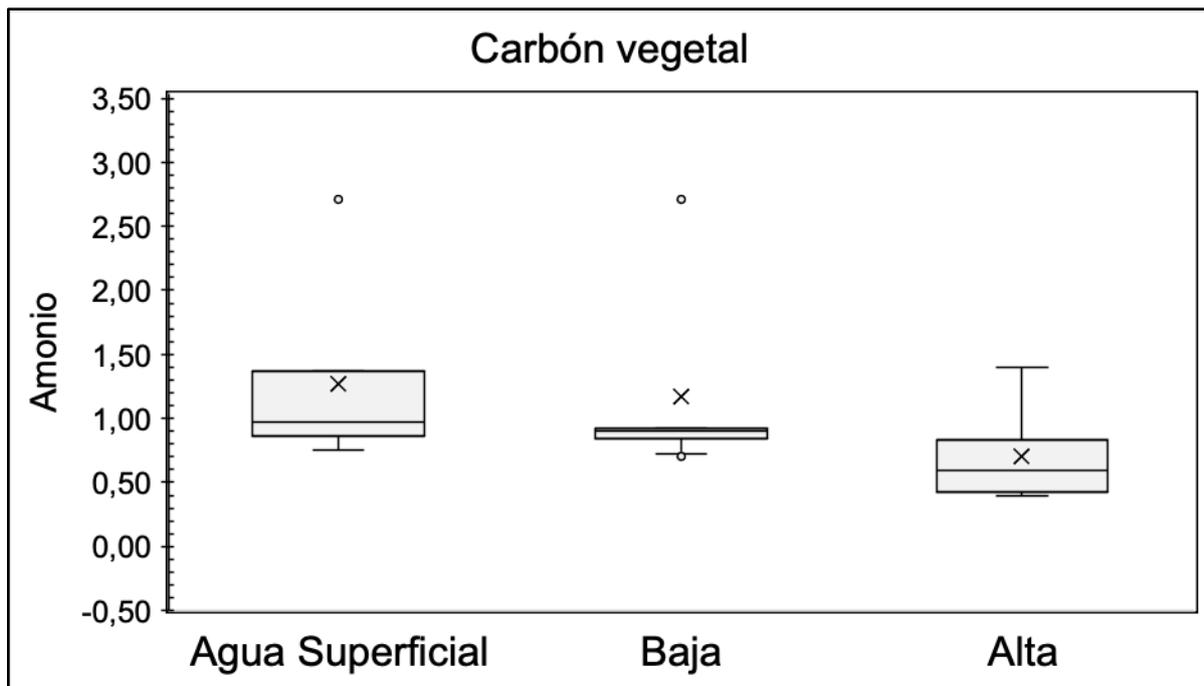
Figura 4.36. Efecto de dosis de carbón vegetal en la dureza del agua superficial



En la figura 4.37 se exhiben los resultados obtenidos en el estudio de la influencia de la adición de carbón vegetal sobre los niveles de amonio presente en el agua superficial. Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se registraron valores de amonio en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango comprensivo, fluctuando entre 2,72 y 0,75 ppm.

Es crucial destacar que la aplicación de una dosis baja de carbón vegetal no ocasionó una variación en los niveles de amonio, con valores aproximados que oscilaron entre 2,72 a 0,72 ppm. Por otro lado, al utilizar una dosis alta de carbón vegetal, se evidenció un decremento más significativo en los niveles de amonio, con valores aproximados que se situaron en el intervalo comprendido entre 1,40 a 0,40 ppm.

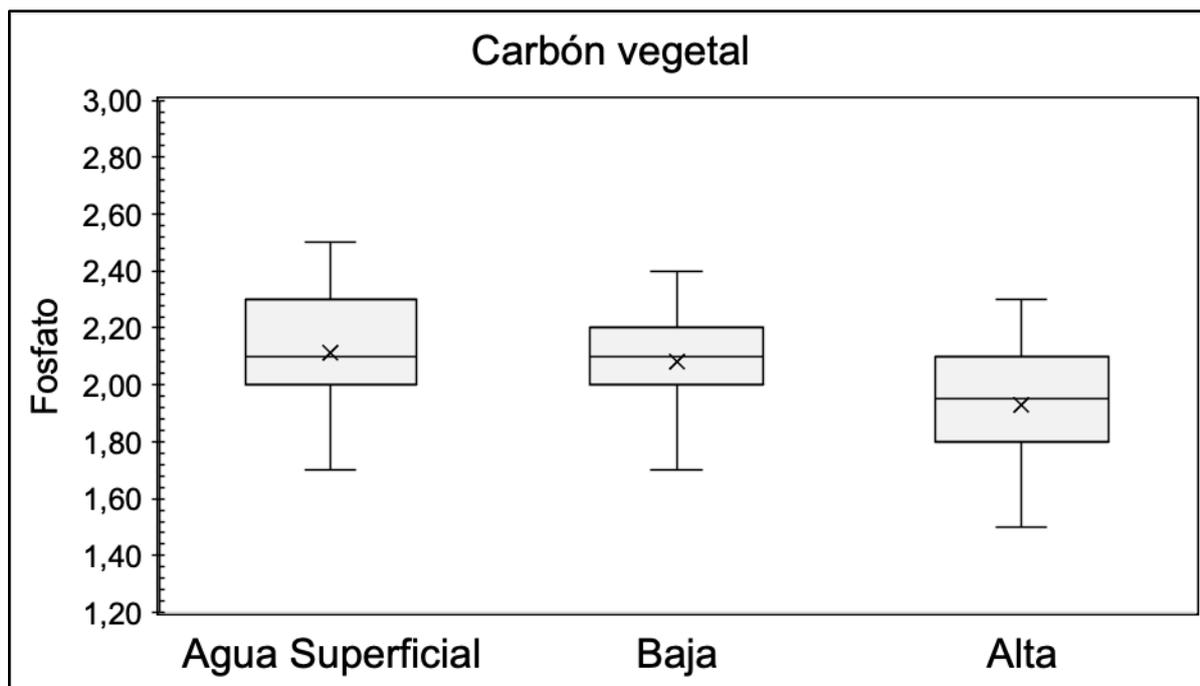
Figura 4.37. Efecto de dosis de carbón vegetal en amonio del agua superficial



La figura 4.38 demuestra la influencia de la adición de carbón vegetal sobre los niveles de fosfato presente en el agua superficial. Durante el periodo que abarcó desde el 18 de mayo hasta el 5 de julio, se registraron concentraciones de fosfato en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango específico, oscilando entre 2,50 a 1,70 ppm.

Es crucial resaltar que la implementación de una dosis baja de carbón vegetal no ocasionó una variación en los niveles de fosfato, con valores aproximados que variaron entre 2,40 a 1,70 ppm. En contraste, la aplicación de una dosis alta de carbón vegetal produjo una disminución más significativa en los niveles de fosfato, con valores aproximados que se ubicaron en el intervalo comprendido de 2,30 a 1,50 ppm.

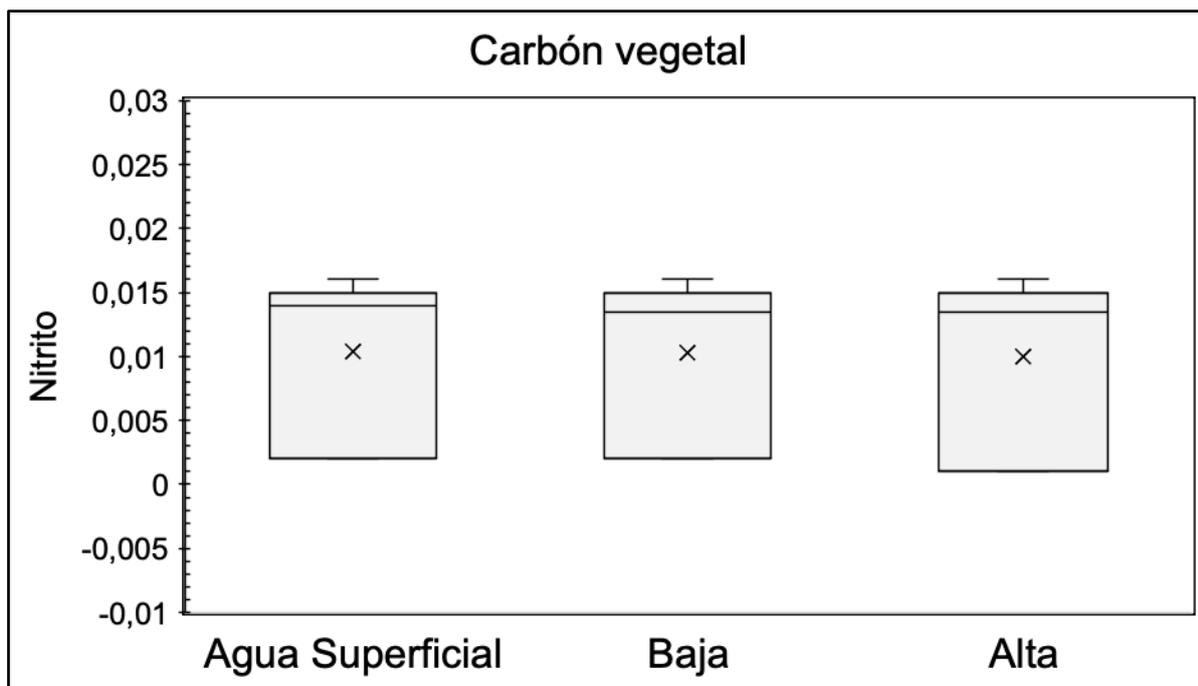
Figura 4.38. Efecto de dosis de carbón vegetal en el fosfato del agua superficial



En la figura 4.39 presenta los resultados obtenidos del estudio sobre el efecto de la adición de carbón vegetal en los niveles de nitritos presentes en el agua superficial. Durante el periodo comprendido entre el 18 de mayo y el 5 de julio, se observaron concentraciones de nitritos en el agua superficial que se mantuvieron dentro de un rango específico, variando entre 0,016 a 0,002 ppm.

Es importante destacar que la aplicación de una dosis baja de carbón vegetal no generó una influencia en los niveles de nitritos, con valores aproximados que oscilaron entre 0,016 a 0,002 ppm. Por otro lado, la aplicación de una dosis alta de carbón vegetal resultó casi similar a la reducción de los niveles de nitritos con dosis baja, con valores aproximados que se situaron entre 0,015 a 0,001 ppm.

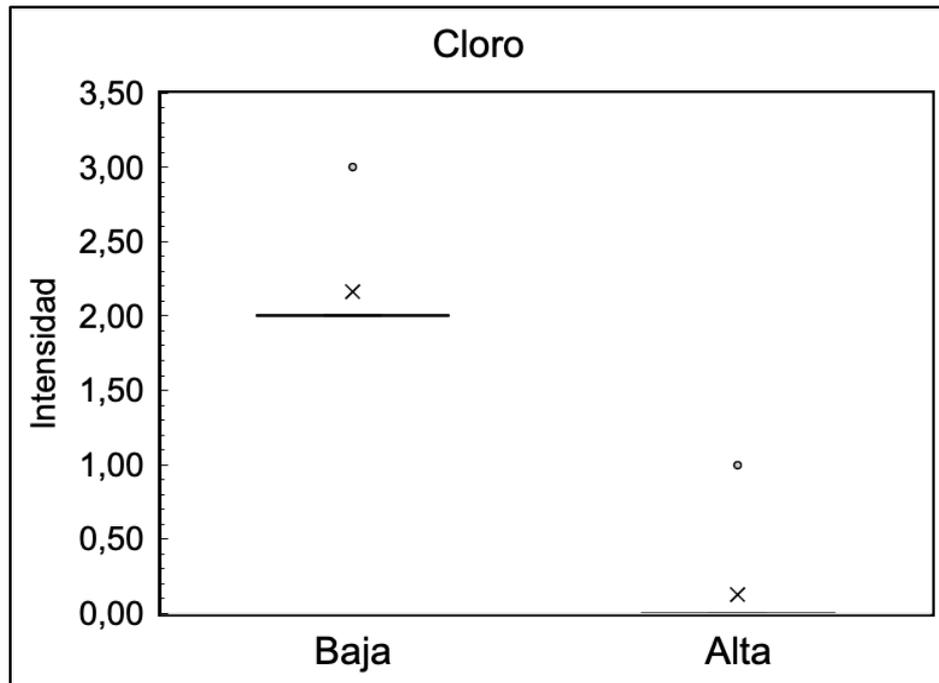
Figura 4.39. Efecto de dosis en carbón vegetal en nitrato del agua superficial



De igual manera, la caracterización de la intensidad de olor del agua superficial después de aplicar los tratamientos fisicoquímicos se llevó a cabo mediante un panel sensorial olfativo. Es importante destacar que los resultados presentados a continuación representan un promedio de las aplicaciones de dosis bajas y altas de los diferentes tratamientos en las fechas respectivas de estudio. Se detallan las intensidades de olor determinadas.

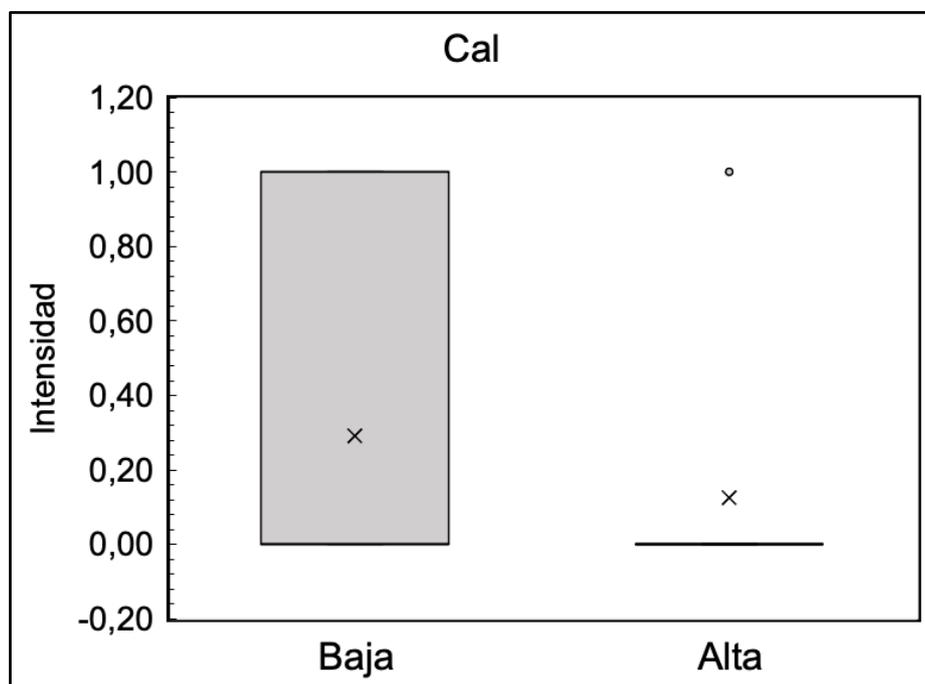
Con respecto al tratamiento de cloro, los datos indican que para la dosis baja se mantuvo en un nivel de 2, lo que sugiere una intensidad de olor media en el agua. En contraste, la aplicación de la dosis alta resultó en una efectiva eliminación del olor, registrando una intensidad de 0 que se mantuvo en las diferentes aplicaciones durante los meses de estudio.

Figura 4.40. Efecto de dosis de cloro en intensidad del agua superficial



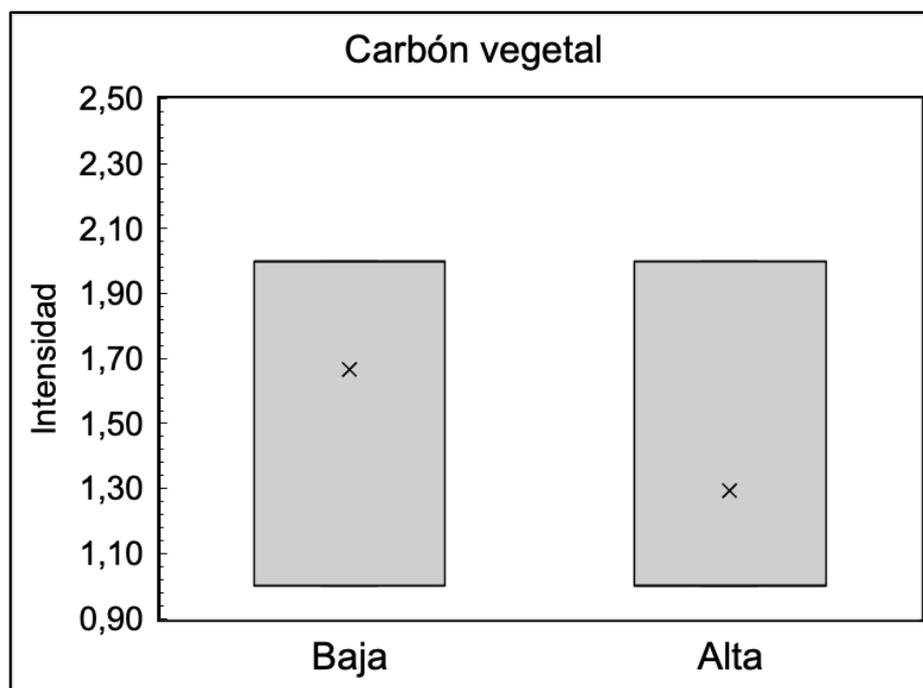
En relación al tratamiento de cal, los datos indican que para la dosis baja hubo una variación entre 0 y 1, lo que sugiere una intensidad de olor baja y no detectable en el agua tratada. En contraste, la aplicación de la dosis alta resultó en una efectiva eliminación del olor, registrando una intensidad de 0.

Figura 4.41. Efecto de dosis de cal en intensidad de olor del agua superficial



Por último, con el tratamiento de carbón vegetal, los datos indican una mayor variación, tanto en dosis baja como en dosis alta. Para la dosis baja se registra que la intensidad En contraste, la aplicación de la dosis alta resultó en una efectiva eliminación del olor, registrando una intensidad de 0 que se mantuvo en las diferentes aplicaciones durante los meses de estudio.

Figura 4.42. Efecto de dosis de carbón vegetal en la intensidad del agua superficial



Para determinar qué tratamientos cumplieron con la reducción de olores en el agua superficial, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis en los datos obtenidos para los parámetros de amonio, fosfatos y nitritos. La razón por la cual se escogieron estos tres parámetros, se basa en la siguiente literatura. “En el medio ambiente, el amonio es responsable de causar eutrofización, que es el proceso de agotamiento del oxígeno en el agua debido a la acumulación de nutrientes, principalmente los nitrogenados, provocando la muerte de animales acuáticos y planteando riesgos para la salud humana” (Deus et al. 2021). Este proceso provoca el mal olor en el agua.

De igual manera, el ion fosfato y compuestos nitrogenados favorecen al crecimiento de algas, estas crecen de manera desmedida a mayor concentración de este nutriente, que a su vez afecta a la cantidad de oxígeno presente en el agua, al

crecimiento desmedido de materia orgánica, a una mayor tasa de descomposición y, por ende, a la eutrofización que conlleva a malos olores (Bolaños et al. 2017).

Se exponen los resultados obtenidos en la prueba Kruskal-Wallis para los tratamientos de cloro, cal y carbón vegetal en los parámetros amonio, fosfatos y nitritos.

Tabla 4.1. Prueba Kruskal-Wallis para los parámetros de amonio, fosfato y nitritos

Tratamiento	Parámetro	P valor	Resultado	Significancia
Cloro	Amonio	0,05	0,00001	Significante
Cloro	Fosfato	0,05	0,00001	Significante
Cloro	Nitrito	0,05	0,00029	Significante
Cal	Amonio	0,05	0,00013	Significante
Cal	Fosfato	0,05	0,00001	Significante
Cal	Nitrito	0,05	0,00005	Significante
Carbón vegetal	Amonio	0,05	0,00008	Significante
Carbón vegetal	Fosfato	0,05	0,05101	No significativa
Carbón vegetal	Nitrito	0,05	0,69162	No significativa

Se calculó la prueba de Kruskal-Wallis para comprobar si los tratamientos fisicoquímicos tienen efecto sobre la reducción de olor en el agua superficial. La prueba de Kruskal-Wallis reveló que hay diferencias significativas en las dosis bajas y altas de los tratamientos de cloro y cal con respecto a la variable dependiente “reducción de olor”, debido a que el resultado es menor al p-valor seleccionado para los tres parámetros estudiados. Al contrario, las dosis bajas y altas del tratamiento de carbón vegetal no muestran diferencias significativas. Por ende, los sólidos disueltos de fosfatos y nitritos no se ven afectados por la presencia del carbón vegetal.

Se respalda la información proporcionada por la prueba de Kruskal-Wallis realizando una prueba post-hoc, escogiendo la de Tukey HSD para obtener más sustento a los datos observados.

La tabla siguiente exhibe que la aplicación de una dosis alta de cloro demuestra una significativa reducción en el parámetro de amonio en comparación con el agua superficial. Este hallazgo indica que la dosis alta de cloro es efectiva y se posiciona como una de las dosis óptimas para la eliminación del nutriente presente en el agua. Citando a García et al. (2017) el cloro puede ser efectivo para eliminar el amonio en el agua mediante una reacción de cloración. Este resultado es de gran importancia en el contexto de la remoción de contaminantes ya que proporciona una evidencia cuantitativa y estadísticamente significativa de la eficacia de la dosis alta de cloro como agente de tratamiento en este proceso.

Tabla 4.2. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de cloro en relación al parámetro amonio

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	2,9340	0,1027	No significancia
Agua superficial x dosis alta	8,2413	0,0010	** p<0,01
Dosis baja x dosis alta	4,5963	0,0050	** p<0,01

En la tabla 4.3. se exhibe que la aplicación de dosis baja y alta de cloro demuestra una significativa reducción en el parámetro de fosfato en comparación con el agua superficial. Este hallazgo indica que las dosis baja y alta de cloro son efectivas para la remoción del nutriente presente en el agua.

Tabla 4.3. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de cloro en relación al parámetro fosfato

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	20,4138	0,0010	** p<0,01
Agua superficial x dosis alta	28,9699	0,0010	** p<0,01
Dosis baja x dosis alta	7,4098	0,0010	** p<0,01

En la tabla 4.4. se muestra que la aplicación de una dosis alta de cloro reduce significativamente el parámetro de nitrito en comparación con el agua superficial. Este

hallazgo indica que la dosis alta de cloro es efectiva y se posiciona como la dosis óptima para la remoción del nutriente presente en el agua.

Tabla 4.4. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de cloro en relación al parámetro nitrato

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	3,2291	0,0649	No significancia
Agua superficial x dosis alta	6,8887	0,0010	** p<0,01
Dosis baja x dosis alta	3,1693	0,0714	No significancia

Se observa en la tabla 4.5. que la aplicación de dosis bajas y altas de cal no demuestran una significancia a la reducción del parámetro amonio, siendo estas dosis las menos eficaces en reducir el ya mencionado nutriente en el agua superficial.

Tabla 4.5. Prueba de Tukey HSD, dosis bajas y altas de cal en relación al parámetro amonio

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	1,5491	0,5199	No significancia
Agua superficial x dosis alta	3,1084	0,0787	No significancia
Dosis baja x dosis alta	1,3504	0,5997	No significancia

Se observa en la tabla 4.6. que la aplicación de dosis bajas y altas de cal demuestran un nivel de significancia en la reducción del parámetro fosfato, siendo estas dosis eficaces en reducir el ya mencionado nutriente en el agua superficial.

Tabla 4.6. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de cal en relación al parámetro fosfato

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	11,4628	0,0010	** p<0,01
Agua superficial x dosis alta	18,9866	0,0010	** p<0,01

Dosis baja x dosis alta	6,5158	0,0010	** p<0,01
-------------------------	--------	--------	-----------

La tabla 4.7. demuestra que la aplicación de una dosis alta de cal demuestra una significativa reducción en el parámetro de nitrito en comparación con el agua superficial. Este hallazgo indica que la dosis alta de cal es efectiva y se posiciona como una de las dosis óptimas para la eliminación del nutriente presente en el agua.

Tabla 4.7. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de cal en relación al parámetro nitrito

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	1,2129	0,6549	No significancia
Agua superficial x dosis alta	5,6763	0,0010	** p<0,01
Dosis baja x dosis alta	3,8655	0,0214	* p<0,05

En la tabla 4.8. se observa que la dosis alta de carbón vegetal presenta un nivel de significancia en la remoción del parámetro amonio, siendo esta la única dosis eficaz de este tratamiento para la remoción del nutriente en el agua superficial.

Tabla 4.8. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de carbón vegetal en relación al parámetro amonio

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	0,8324	0,8077	No significancia
Agua superficial x dosis alta	4,4270	0,0071	** p<0,01
Dosis baja x dosis alta	3,1130	0,0781	No significancia

En la tabla 4.9. se observa que la dosis alta de carbón vegetal presenta un nivel de significancia en la remoción del parámetro fosfato, siendo esta la única dosis eficaz de este tratamiento para la remoción del nutriente en el agua superficial.

Tabla 4.9. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de carbón vegetal en relación al parámetro fosfato

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	0,6626	0,8759	No significancia
Agua superficial x dosis alta	4,0237	0,0158	* p<0,05
Dosis baja x dosis alta	2,9108	0,1063	No significancia

Se observa en la tabla 4.10. que la aplicación de dosis bajas y altas de carbón vegetal no demuestran una significancia a la reducción del parámetro nitrito, siendo estas dosis las menos eficaces en reducir el ya mencionado nutriente en el agua superficial.

Tabla 4.10. Prueba Tukey HSD, dosis bajas y altas de carbón vegetal en relación al parámetro nitrito

Par de tratamientos	Tukey HSD Estadístico de Q	Tukey HSD P valor	Tukey HSD Inferencia
Agua superficial x dosis baja	0,1082	0,8999	No significancia
Agua superficial x dosis alta	0,3247	0,8999	No significancia
Dosis baja x dosis alta	0,1875	0,8999	No significancia

Tras realizar los exhaustivos análisis, los resultados indican que el tratamiento más eficaz para la remoción de los nutrientes mencionados (amonio, fosfato y nitrito) es el empleo de cloro, en particular en su dosis alta. A continuación, en efectividad, se ubica el tratamiento de alta dosis de cal, el cual también ha demostrado su valía en la eliminación de estos contaminantes. Por otro lado, se ha observado que el tratamiento de carbón vegetal ha presentado el rendimiento menos favorable en el marco de este estudio, mostrando una menor capacidad de remoción de los nutrientes en comparación con las otras técnicas evaluadas.

Según los resultados obtenidos luego de aplicar dosis de cloro, la más eficiente fue 1 ml por cada litro de agua superficial. Esta dosis permitió remover un 77% de amonio, 60% de nitritos y 59% de fosfatos. Además, el análisis sensorial determinó que esta dosis de cloro redujo malos olores, a niveles prácticamente imperceptibles. Es ampliamente reconocido que la adición de cloro es un método de tratamiento de agua

prevalente y reconocido a nivel mundial, en sus diversas formulaciones. En estudios realizados en el río Carrizal en Ecuador, el tratamiento con cloro después de una filtración reduce en 87% la presencia de coliformes fecales en agua (Hurtado et al., 2018). Por tanto, según los resultados aquí presentados, hay concordancia con la literatura reportada. Es decir, el tratamiento con dosis de cloro cercanas a 1 ml por cada litro de agua superficial sería una alternativa a considerar.

Un ejemplo ilustrativo de la efectividad del cloro se encuentra en el estudio realizado por García et al. (2017) en México en plantas de agua superficial, donde se evidenció claramente que el uso del cloro en una concentración de 20 ppm como agente desinfectante conlleva una reducción significativa (99.54%) de la población de bacterias, incluyendo cepas notorias como la *E. coli*. Esta evidencia concreta respalda la eficacia del cloro en la eliminación de patógenos peligrosos, lo que a su vez tiene un impacto directo en la protección de la salud pública al garantizar la seguridad del agua para el consumo humano.

En relación a los resultados obtenidos luego de aplicar dosis de cal, la más eficiente fue 10 g por cada litro de agua superficial. Esta dosis permitió remover un 34% de amonio, 62% de nitritos y 59% de fosfatos. Además, el análisis sensorial determinó que estas dosis de cal redujeron malos olores, a niveles prácticamente imperceptibles. De acuerdo con Vire (2015), para el diseño de una planta de potabilización de agua en la provincia de Loja – Ecuador, fue efectivo el uso de 10 ppm de solución de cal para disminuir la solubilidad de los compuestos, ayudando a que estos precipiten. Esto permite, posteriormente, su fácil remoción ayudando a la descontaminación del agua.

Además, la cal es un compuesto que ayuda a la alcalinización del agua. En relación a Pérez (2020), si la alcalinidad del agua no es suficiente para reaccionar con el coagulante, es necesario la adición de $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ de partes de alcalinidad por cada parte de sulfato de aluminio para ayudar a la formación de coágulos y que estos sedimenten. Esta información sustenta a los datos obtenidos en el estudio, donde se verifica que la cal alcaliniza el agua y ayuda a que los contaminantes precipiten y sean fácilmente removidos.

Según los resultados obtenidos luego de aplicar dosis de carbón vegetal, la más eficiente fue 100 g por cada litro de agua superficial. Esta dosis permitió remover un 42% de amonio, 4% de nitritos y 6% de fosfatos. Además, el análisis sensorial determinó que esta dosis de cloro redujo malos olores, a niveles donde su intensidad era de media a baja. El uso del carbón vegetal como un filtro natural se remonta a tiempos antiguos y se ha mantenido a lo largo de la historia debido a sus impresionantes propiedades de alta porosidad y su capacidad innata para absorber y retener olores desagradables. En estudios realizados en aguas con porcentajes de entre 5 y 10% de diésel, el uso de filtros con carbón vegetal tuvo una eficiencia de casi el 95% en su remoción (Marín et al. 2019).

Otro ejemplo destacado se encuentra en el estudio realizado por Marín y Villaroel (2016) en el cual se demostró con éxito la eficacia de su uso como agente de filtración en el proceso de purificación de aguas contaminadas con derivados del petróleo en la República de Venezuela; en una muestra de 3 litros de agua y utilizando un filtro con 500 ml de medio filtrante que contenía carbón, se logró reducir de manera consistente y significativa, entre un 95% y un 99.99%, la concentración de sólidos suspendidos, aceites y grasas presentes en el agua tratada. Esto no solo subraya la versatilidad del carbón vegetal en la eliminación de contaminantes químicos, sino que también resalta su potencial para abordar problemas ambientales críticos relacionados con la contaminación de recursos hídricos.

Además, en una perspectiva más reciente Yanac (2022) llevó a cabo investigaciones innovadoras que exploraron el empleo del carbón vegetal como medio filtrante para reducir la carga microbiana en aguas residuales, en donde los coliformes totales tuvieron una remoción del 95%. Los resultados de estos estudios resaltan el valor continuo del carbón vegetal como una herramienta efectiva y sostenible en la purificación del agua y la gestión ambiental, respaldando la importancia de su consideración en futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

En resumen, de acuerdo a lo anteriormente expuesto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, teniendo como resultado que dos (cloro y cal) de los tres tratamientos fisicoquímicos cumplen con la reducción de olores en el agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

4.3. PLANTEAMIENTO DE ESTRATEGIAS SOBRE EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DEL SISTEMA CARRIZAL-CHONE EN LA FINCA LA PASTORA SOL, TOSAGUA-MANABÍ

4.3.1. INTRODUCCIÓN

La problemática en la Finca La Pastora Sol se centra en la inquietante presencia de malos olores en el agua empleada para el riego, lo cual ha suscitado una comprensible incomodidad y preocupación entre los involucrados. Este tema suscita la necesidad imperiosa de abordar cuestiones relacionadas con la gestión del agua en la finca de una manera integral y sostenible.

En este contexto, resulta esencial desarrollar estrategias innovadoras que aborden tanto la calidad del agua utilizada como las posibles consecuencias que esta situación pueda tener para los residentes locales. Estas estrategias deben considerar no solo la comodidad y la salud de los miembros de la finca, sino también la relación más amplia con la comunidad circundante.

La implementación de soluciones efectivas no debe ser un obstáculo insuperable; por el contrario, se debe buscar la viabilidad y la practicidad. Para ello, es fundamental proponer alternativas que sean tanto fácilmente aplicables como económicamente asequibles. Estas soluciones podrían abarcar desde métodos de tratamiento del agua hasta enfoques de gestión hídrica más eficientes, que puedan contribuir a la mejora de la calidad del agua y, por consiguiente, a la eliminación de los malos olores.

Además, dado que esta problemática puede tener un impacto más allá de los confines de la finca, es crucial considerar el bienestar de los pobladores locales. Esto implica que las soluciones propuestas deberían ser diseñadas teniendo en cuenta el contexto social y medioambiental en el que se encuentra la finca, estableciendo así una conexión más profunda y beneficiosa con la comunidad en general.

En resumen, la situación en la Finca La Pastora Sol requiere un enfoque holístico y orientado al cambio positivo. La implementación de estrategias de gestión del agua y tratamiento que sean tanto prácticas como económicamente viables puede no solo abordar los malos olores y preocupaciones inmediatas, sino también sentar las bases

para una relación más armoniosa y beneficiosas con el entorno y la comunidad en su conjunto.

Dado que el suministro de agua se deriva del sistema Carrizal-Chone, el cual ha demostrado experimentar un proceso de eutrofización y carece de un tratamiento previo, el sistema de riego potencialmente se convierte en una amenaza para la salud de las plantas y, por ende, para el bienestar general de la población. Esta preocupante situación subraya la necesidad imperativa de abordar adecuadamente el riesgo asociado con la calidad del agua utilizada en el riego, a fin de salvaguardar la seguridad alimentaria y la salud de la comunidad en su conjunto.

En relación a que no ha existido previa capacitación sobre los usos o tratamiento de aguas las personas optan por utilizar el agua tal y como llega o en su defecto se abstienen de utilizarla.

4.3.2. OBJETIVO

Plantear estrategias sobre el uso y tratamiento del agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

4.3.3. ACCIONES

- Comunicar a los trabajadores de la finca La Pastora Sol las estrategias destinadas al uso y tratamiento óptimo del agua de riego proveniente del sistema Carrizal-Chone.
- Optimizar la conducta ambiental de los empleados en relación al uso y tratamiento del agua de riego en la finca La Pastora Sol.

4.3.4. ESTRATEGIAS DE USO Y TRATAMIENTO DE AGUA DE RIEGO

Actividad	Resultados	Recomendaciones	Conclusiones	Costo	Referencia
Aplicación de dosis de hipoclorito de sodio al 2% (cloro comercial) para reducción de olores y desinfección del agua.	Se determinó que la dosificación de 20 ppm de hipoclorito de sodio en solución líquida es un buen método para la reducción y casi eliminación de olores y desinfección del agua superficial.	Revisar las dosis requeridas para el tratamiento efectivo del agua.	La aplicación de cloro comercial presenta grandes beneficios en la reducción de olores y patógenos del agua, pero podría causar problemas si no se usa las correctas dosis.	Para 10 l de agua de riego, la dosis efectiva de cloro fue 1 ml/l. Esta dosis fue sacada de un paquete de cloro líquido comercial de 150cc con un precio de \$0,15.	(Sam Miguel Flores, 2023)
Aplicación de hidróxido de calcio (cal) para reducción de olores y desinfección del agua.	Se determinó que la dosificación de 20 g de cal por 10 l de agua reduce significativamente los olores. Así mismo, hubo una notable reducción del fosfato, amonio y nitrito presente en el agua superficial.	Revisar las dosis máximas y mínimas de aplicación para un tratamiento efectivo del agua sin afectar otros recursos naturales.	La aplicación de cal mejora la calidad del agua de manera significativa, sin embargo, eleva el pH del agua haciéndolo alcalino, lo que podría causar desequilibrio en las propiedades del suelo.	Para 10 l de agua se utilizaron dosis sacadas de una 1 libra de cal con un precio de \$1,00.	(Mamani Castaños, 2019)
Aplicación de carbón vegetal comercial para reducción y desinfección del agua.	Se determinó que la dosificación de 100 g/l de carbón vegetal reduce el olor en el agua superficial.	Dejar reposar el carbón por un tiempo estimado de 24 horas para mayor beneficio.	La aplicación de carbón vegetal es beneficioso en la reducción de olores. Sin embargo, es mejor utilizado como parte de un filtro.	Para 10 l de agua se utilizaron dosis sacadas de 1 kilo de carbón vegetal con un precio de \$2.	(Gaitan Nieto, 2019)

4.3.5. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

Los resultados del agua de la finca La Pastora Sol, en comparación con otros resultados de diferentes investigaciones difieren en relación a factores como: los efectos ambientales, ubicación geográfica y otros. De acuerdo con Sam Miguel (2023), la elaboración y automatización del prototipo de un sistema de cloración y monitoreo de turbidez, pH y cloro residual para potabilizar el agua de un tanque almacenador es el método de cloración que tiene mayor importancia, recomendando una dosis de 2,5 mg de hipoclorito de calcio. Se determinó que el costo total es \$330.94 dólares americanos para 1 mes de operación en una población de 10 habitantes y un consumo de 50 litros al día por habitante. En referencia a los resultados, el tratamiento de cloro comercial, es una idea beneficiosa la implementación de un sistema de cloración, sin embargo, puede llegar a ser un poco costoso y complicado implementarlo en la zona estudiada.

En referencia a Mamani (2019), la dosificación de cal al recurso agua ayuda a la disminución de color, olor y sólidos en suspensión del agua. Así mismo, eleva el pH haciéndolo alcalino, siendo beneficioso para aguas ácidas. De esta manera, se respalda la información de que el tratamiento de cal es un buen método para desinfección y reducción de olores en el agua superficial.

Con relación a Gaitán (2019), la potabilización del agua por medio de filtración (filtros con carbón activado, arena, entre otros) muestra resultados satisfactorios ya que reduce el olor del agua superficial y mejora su aspecto físico. Es así como verificamos la información sobre la reducción de olores del agua superficial mediante la aplicación de carbón vegetal.

A partir de la información recopilada, se observó que los tratamientos de agua destinada al riego no son adoptados en la actualidad, aunque a largo plazo se vuelven esenciales. Esto subrayó la importancia de garantizar que el agua esté en condiciones óptimas tanto para la salud de las plantas como para los seres humanos. Posterior a la realización de las estrategias de uso y tratamiento del agua de riego, se realizó la socialización de estas con el dueño de la finca, Sr. Juan José Calderón Vera y sus trabajadores, para así generar conciencia sobre el buen aprovechamiento de este recurso, obteniendo así una socialización exitosa (Anexo 2 y Anexo 3)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se encontró estabilidad en los niveles de pH del agua de riego en el sistema Carrizal-Chone. Los valores de sólidos totales disueltos (TDS) cumplen con los estándares de la Tabla 4-5 del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa. Sin embargo, la normativa ecuatoriana no considera la calidad sensorial, como la detección de malos olores, evaluada en el estudio mediante un panel sensorial que examinó la presencia de compuestos de nitrógeno.
- El tratamiento con cloro a 1 ml por litro de agua en la finca La Pastora Sol redujo los olores en el agua de riego de manera efectiva, eliminando el 77% del amonio, el 60% de los nitritos y el 59% de los fosfatos. La evaluación sensorial también mostró una disminución en la intensidad de los malos olores.
- Se propusieron estrategias para el uso y tratamiento del agua en el sistema Carrizal-Chone de la finca La Pastora Sol. Aunque los tratamientos de agua para riego no son comunes en la actualidad, se prevé que se conviertan en una necesidad esencial a largo plazo.
- Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, teniendo como resultado que los tratamientos fisicoquímicos de cloro y cal cumplen con la reducción de olores en el agua de riego del sistema Carrizal-Chone en la finca La Pastora Sol, Tosagua-Manabí.

5.2. RECOMENDACIONES

- Mantener un seguimiento constante de los indicadores estudiados ante posibles cambios que puedan surgir a largo plazo, ya que al encontrarse la cuenca que alimenta al embalse La Esperanza, y ésta a su vez al sistema de riego Carrizal-Chone, en una zona llena de actividades agropecuarias, se ve afectado continuamente por diversas descargas de efluentes agrícolas y ganaderas, siendo necesario continuar con los análisis del agua utilizada para el riego de cultivo. Adicionalmente, se debe abogar por la incorporación de parámetros relacionados con la calidad sensorial en la normativa ecuatoriana.
- Optimizar la dosificación de cloro conforme a las necesidades específicas del consumidor y a la naturaleza del problema que aqueja al recurso hídrico. Adicionalmente, se recomienda implementar tratamientos fisicoquímicos que abarquen etapas como precloración, sedimentación, desinfección y filtración. Esta combinación de técnicas no solo contribuirá a mejorar la calidad del agua, sino que también reducirá de manera significativa el riesgo de impactos ambientales negativos y la propagación de enfermedades, tanto en la población humana como en otros organismos vivos que dependen de este recurso vital.
- Difundir por medio de canales de comunicación (radio y redes sociales) las estrategias propuestas en esta investigación, destinadas a potenciar el uso y tratamiento del agua en el sistema Carrizal-Chone a los demás pobladores de La Pastora. El propósito es ayudar a concientizar y aprovechar de mejor manera el recurso agua de la zona.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR]. (2004). *Resumen de Salud Pública: Amoníaco*.
https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.pdf
- Arias, E. (2020). *Investigación experimental*.
<https://economipedia.com/definiciones/investigacion-experimental.html>
- Aveiga, A., Noles, P., Cruz, Aida., Peñarrieta, F. y Alcántara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422019000300030&script=sci_arttext
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Basulto, J. (2014, diciembre 17). *Agua dura, ¿agua más sana?* | Consumer. Consumer Eroski. <https://www.consumer.es/alimentacion/agua-dura-agua-mas-sana.html>
- Becerra, A. (2019, agosto 28). *Algal Blooms 101*. the Natural Resources Defense Council [NRDC]. <https://www.nrdc.org/es/stories/floraciones-algas-nocivas-agua-dulce-101>
- Bolaños, J., Cordero, G. y Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Boyd, C. (2017, octubre 16). *Conductividad eléctrica del agua, parte 1 - Responsible Seafood Advocate*. Global Seafood Alliance.
<https://www.globalseafood.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>
- Cabrejos, J. (2018). Evoluciones del nivel estático y conductividad eléctrica del agua

- subterránea del Valle Chancay-Lambayeque, periodo 1996-2014. *ZHOECOEN*, 10(1), 148–162.
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/788>
- Camacho, L. (2020). La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural colombiano. *Revista De Ingeniería*, 1(49), 38–51.
<https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/rdi/article/view/7489>
- Caycedo L. y Trujillo, D. (2020). Concepto del agua y sus implicaciones en la formación ambiental. *Revista Redipe*, 9(7), 61-70.
<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1018>
- Choque, D., Choque y., Solano, A. y Ramos, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298-309.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/4455/445558422008/445558422008.pdf>
- Cirelli, A. y Volpedo, A. (2016). *El agua en la producción animal*.
<https://icaa.gov.ar/Documentos/Ingenieria/Libro-AGUA-PROD-ANIMAL.pdf>
- Comité de Seguridad Alimentaria Mundial [CSA]. (2015). *Contribución del agua a la seguridad alimentaria y la nutrición*. Roma, Italia.
<https://www.fao.org/3/av046s/av046s.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008* (Vol. 449).
https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- De la Lama, P., De la Lama, M. y De la Lama, A. (2022). Los instrumentos de la investigación científica. Hacia una plataforma teórica que clarifique y gratifique. *Horizonte de la Ciencia*, 12(22), 189-202.
<https://www.redalyc.org/journal/5709/570969250014/570969250014.pdf>
- Deus, L., Silva, C., Martins, M., Aversa, T. y Lucas, E. (2021). *Remoción de amonio del agua mediante resinas porosas: Influencia de la estructura del polímero, la capacidad de intercambio iónico y la porosidad—Dialnet* [Repositorio]. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8300522>

Díaz, S. y González, J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería del Agua*, 26(2), 107-123. <https://iwaponline.com/IA/article/26/2/107/88686/La-importancia-de-la-temperatura-del-agua-en-las>

Dietrich, A. y Burlingame, G. (2020). The challenge, consensus, and confusion of describing odors and tastes in drinking water. *Science of The Total Environment*, 713, 135061. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135061>

Echegaray, R. (2018). *Remoción del Manganeso con el Método de Reducción-Alcalinización en las aguas contaminadas por los procesos mineros en la Provincia de Huaral 2017*. [Trabajo de Grado, Universidad Continental]. <http://repositoriodemo.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5017>

Fernández, A. (2012). El agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147-170. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Fuentes, W., Bendezú y., Rosado, R., Quispe, A. y Reyes, J. (2017). *Efecto de la aireación como alternativa de remediación para la eutrofización de la Laguna de Paca*. 86-102. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4693>

Gaitán, J. (2019). *Potabilización de agua mediante filtración y desinfección química*. [Trabajo de Grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f2c31dd-e161-40c0-b0c0-8bccbc1ba868/content>

Gallardo, M. (2020). El Proceso de Eutrofización: Otra de las múltiples caras de la contaminación. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 36, 33-36. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7220428>

García, F. y Miranda, V. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. In: impacto socio-ambiental, territorios sostenibles y desarrollo regional desde el turismo. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México. 353-367.

<https://ru.iiec.unam.mx/4269/>

García, J., Medina, L., Mercado, J. y Báez, R. (2017). Evaluación de desinfectantes para el control de microorganismos en frutas y verduras. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 9-11. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81351597002.pdf>

Gigante Pérez, C. (2011). *El confort en los cuidados*. Congreso Nacional AEETO. Asociación Española de Enfermería en Traumatología y Ortopedia. <https://www.aeeto.es/biblioteca/tutoriales/como-presentar-un-trabajo-cientifico>

Gómez, O. (2018). Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7260988>

González, S., Núñez, E., Ramírez, R. y Romero, J. (2021). *Malos olores, una contaminación invisible*. Ciencia UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1130/malos-olores-una-contaminacion-invisible>

Goyenola, G., Kruk, C., Mazzeo, N., Nario, A., Perdomo, C., Piccini, C. y Meerhoff, M. (2021). *Producción, nutrientes, eutrofización y cianobacterias en Uruguay armando el rompecabezas*. <https://doi.org/10.26461/22.02>

GreenLab. (2019, febrero 26). *Muestreo de aguas para análisis físicoquímico*. GreenLab. https://0201.nccdn.net/1_2/000/000/160/100/Muestreo-De-Agua-De-Riego-Para-Analisis-Fisicoquimico.pdf

Grijalva, A., Jiménez, M. y Ponce, H. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *RECIMUNDO*, 4(4), 79-93. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/883>

Guanin, L. y Reatiqui, D. (2022). *Eutrofización de aguas residuales domiciliarias con absorción biológica de nitrógeno y fósforo, sector San José de Pichul, período 2021 – 2022*. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8549>

- Halac, S. (2020). Embalses y aguas verdes: ¿Qué pasa en Córdoba? *Revista Cicterránea*, 4, 30–35.
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cicterranea/article/view/30449>
- Hernández, M., Otero, A., Falcón, J. y Yperman y. (2017). Características físicoquímicas del carbón activado de conchas de coco modificado con HNO₃. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 26-38.
<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443550986003.pdf>
- Huamán, J., Treviños, L. y Medina, W. (2022). Epistemología de las investigaciones cuantitativas y cualitativas. *Horizonte de la Ciencia*, 12(23), 27-47. <https://www.redalyc.org/journal/5709/570971314003/html/>
- Huamaní, J. y Pacheco, H. (2019). *Sistema electrónico para la caracterización en tiempo real del potencial de hidrógeno del río Opamayo en el Valle de Pampas – Tayacaja*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Huancavelica].
<https://repositorio.unh.edu.pe/items/d23d7474-e25f-4fb6-a36c-721810ba7522>
- Huayllani, N. y Zevallos, A. (2021). *Relación entre la dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable en la ciudad de Huancavelica -2021*. [Trabajo de Grado, Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65317>
- Hurtado, E., Carreño, Á., Lucas, L., Barrios, R. y Silva, R. (2018). Sistema de tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en la Microcuenca del río Carrizal, Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 11(28), 76-87.
<https://www.redalyc.org/journal/5826/582661251007/>
- INEN 977. (1984). *Agua potable. Determinación de cloro residual. Método de la DPD - ferroso*. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-977-AGUA-POTABLE.-DETERMINACION-DE-COLORO-RESIDUAL.-M-DE-LA-DPD-FERROSO.pdf?x42051>
- Laínez, M. (2022). *Calidad de agua de pozos en la comuna dos mangas de la parroquia Manglaralto para el riego de cultivos agrícolas*. [Trabajo de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].

<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8737>

Lozada, D. y Giraldo, E. (2019). *Origen de los olores en plantas de tratamiento de aguas residuales*. [Trabajo de Especialidad, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/981>

Mamani, F. (2019). *Propuesta de mitigación a las aguas ácidas del Río Jayaj Mayu para la obtención de agua potable en el Departamento de Potosí*. [Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/32636>

Marín, T., Heredia, V. y Alcarraz, M. (2019). *Filtro de cascarilla de Ricinus communis y carbón vegetal para tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos: Diseño de un sistema en serie por etapas*. *Ingeniería del agua*, 23(3), 187-198. <https://doi.org/10.4995/ia.2019.11426>

Marín, T. y Villaroel, W. (2016). *Evaluación de un filtro a base de harina de tusa de maíz (Zea mays) y carbón vegetal para el tratamiento de agua contaminada con petróleo*. *Geominas*, 44(70), 91-96. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA494500879&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=00167975&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon~2f5983c7&aty=open-web-entry>

Montilla, A., Zambrano, M. y Reyna, C. (2017). *Análisis de las condiciones geográficas y ecológicas del humedal La Segua, provincia de Manabí, Ecuador*. 18, 70-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087654>

Muñoz, M. y Alarcón, C. (2021). *Evaluación de los parámetros indicadores de eutrofización en las aguas del río Chillón de los Años*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29770>

Ocampo, D., Vázquez, G., Martínez, S., Iturbe, U. y Coronel, C. 2022. *Desinfección del agua: una revisión a los tratamientos convencionales y avanzados con cloro y ácido peracético*. *Ingeniería del agua*, 26(3), 185-204. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/185469/Ocampo-RodriguezVazquez-RodriguezMartinez-Hernandez%20->

%20Water%20disinfection%20a%20review%20of%20conventional....pdf?sequence=1

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible [Organización de las Naciones Unidas]*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Parades, J. y Roldan, D. (2022). *Detergentes y eutrofización en lagos y ríos: Una Revisión Sistemática, 2022*. [Trabajo de Grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/93496>

Pastor, F. (2019). Nitratos: ¿buenos o malos? *Anales de Química de la RSEQ*, 115(3), 218-226. <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1150>

Pauta, G., Velasco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O. y Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76-88. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7345331>

Pérez, C. (2020). *Dispositivos portátiles para la potabilización de agua en Colombia: una revisión bibliográfica*. [Trabajo de Grado, Universidad de Cundinamarca]. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/3894/Dispositivos%20portátiles%20para%20la%20potabilización%20de%20agua%20en%20Colombia%20una%20revisión%20bibliográfica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, P., Ortega, H., Ramírez, C., Flores, H., Sánchez, E., Can, A. y Mancilla, O. (2019). Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 175-182. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282019000100175

- Porras, A. (2017). *Estadística inferencial*.
<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/159/1/15-Estadistica%20Inferencial%20-%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- Probelte. (2019, October 14). *Qué son los nitritos en el agua: descubre las claves*. Probelte. <https://probelte.com/es/noticias/que-son-los-nitritos-en-el-agua-y-como-afectan-a-la-alimentacion/>
- Rabasco, R. (2022, noviembre 11). *Cómo Presentar un Trabajo de Investigación | Edición Conferencias Académicas*. Orvium. <https://blog.orvium.io/es/como-presentar-un-trabajo-de-investigacion-conferencias/>
- Ripple, W., Wolf, C., Newsome, T., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. y Laurence, W. (2017). *World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice*. 67(12), 1026-1028. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
- Ritchie, H. y Roser, M. (2015). *Water Use and Stress*. <https://ourworldindata.org/water-use-stress#:~:text=of%20agricultural%20employment,-,Water%20use%20of%20food%20products,withdrawals%20are%20used%20for%20agriculture.>
- Rivera, C., Letelier, J., Acevedo, B., Tobar, T., Torres, C., Cataldo, A., Rudolph, A. y Rivera, M. (2021). *Calidad del agua del estero El Sauce, Valparaíso, Chile Central*. 36(2), 261-273. <https://doi.org/10.20937/rica.53465>
- Rodríguez, J., Pérez, R., Gómez, L. y Álvarez, I. (2017). Evaluación químico analítica y microbiológica de los embalses Chalons y Parada de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 29(3), 418-435.
- Román, O., Cortez, L., Arce, J., Hidalgo, C. y Cajas, M. (2017). Determinación de la presencia de nitratos/nitritos y manganeso en el agua proveniente del pozo que alimenta la zona baja del cantón Huaquillas. *Revista Ciencia UNEMI*, 10(24), 11-18.

- Salgado, S. (2022). Impacto ambiental de la eutrofización. *Revista Neuronum*, 8(4), Art. 4.
<https://eduneuro.com/revista/index.php/revistaneuronum/article/view/443/522>
- San Miguel, J. (2023). *Elaboración y automatización del prototipo de un sistema de cloración y monitoreo de turbidez, pH y cloro residual para potabilizar el agua de un tanque almacenador*. [Trabajo de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31568>
- Sánchez, A. y Tello, L. (2019). *La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador*. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>
- Sigler, A. y Bauder, J. (2017). *Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales*. http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS
- Standard Methods Committee of the American Public Health Association. (s. f.). *2170 Flavor Profile Analysis In: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*.
<https://www.standardmethods.org/doi/full/10.2105/SMWW.2882.021?role=tab#>
- Texeira, M. y Pannunzio, A. (2020). Gestión del agua para riego en la provincia de Buenos Aires. *Agronomía y Ambiente*, 40(1).
<http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/113>
- The Smell Project. (s. f.). The Smell Project. Recuperado 6 de febrero de 2023, de <https://smellproject.com/>
- Universidad de la República (Uruguay). (2020). *Etapas de la investigación bibliográfica*. Etapas de la investigación bibliográfica.
<https://www.fenf.edu.uy/wp-content/uploads/2020/12/14dediciembrede2020Etapasde-la-investigacionbibliografica-1.pdf>
- Universidad de Nariño (2022). *Pilas con la contaminación del lago Guamuez*.
<https://sired.udenar.edu.co/7566/>

- Vera, I. (2017). Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales. *Dominio de las Ciencias*, 3(Extra 1), 536-560. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6134928>
- Vire, M. E. (2015). *Diseño de la planta de potabilización del agua de una parroquia urbana, provincia de Loja*. [Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/bf03a38d-9791-43de-ad76-042eabe67000>
- Whelton, A. y Dietrich, A. (2004). Relationship between intensity, concentration, and temperature for drinking water odorants, *Water Research*. 38(6), 1604-1614. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.11.036>.
- World Health Organization [WHO]. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*.
- Yamasqui, J. (2022). *Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial* [BachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9089>
- Yanac y. (2022). Efecto de filtros percoladores usando como medio filtrante carbón vegetal y diferentes cargas hidráulicas, sobre la remoción en la carga microbiana de las aguas residuales aplicando un sistema de desinfección, en climas andinos – 2019. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5162>
- Yumbo, K., Iler, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R. y Chirinos, D. (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Pajan, Manabí, Ecuador. *INVESTIGATIVO*, (10), 32–40. <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/184>

ANEXOS

ANEXO 1. FORMATO DE PRUEBA PARA LA SELECCIÓN DEL PANEL SENSORIAL OLFATIVO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ

PRUEBA PARA LA SELECCIÓN DEL PANEL SENSORIAL OLFATIVO

NOMBRE:

FECHA:

#:

INTRUCCIONES: POR FAVOR, OLFATEE DETENIDAMENTE CADA UNA DE LAS ESENCIAS. LUEGO DE OLFATEAR CADA UNA DE ESTAS, ESCOJA LA OPCIÓN QUE CREA CONVENIENTE DE ACUERDO A LO QUE HA OLIDO.

1. ENCIERRE EL NIVEL DE INTENSIDAD DE LA ESENCIA DE ACUERDO A SU CRITERIO

Esencia 1

Puntuación	Intensidad
0	No detectable
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Esencia 2

Puntuación	Intensidad
0	No detectable
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Esencia 3

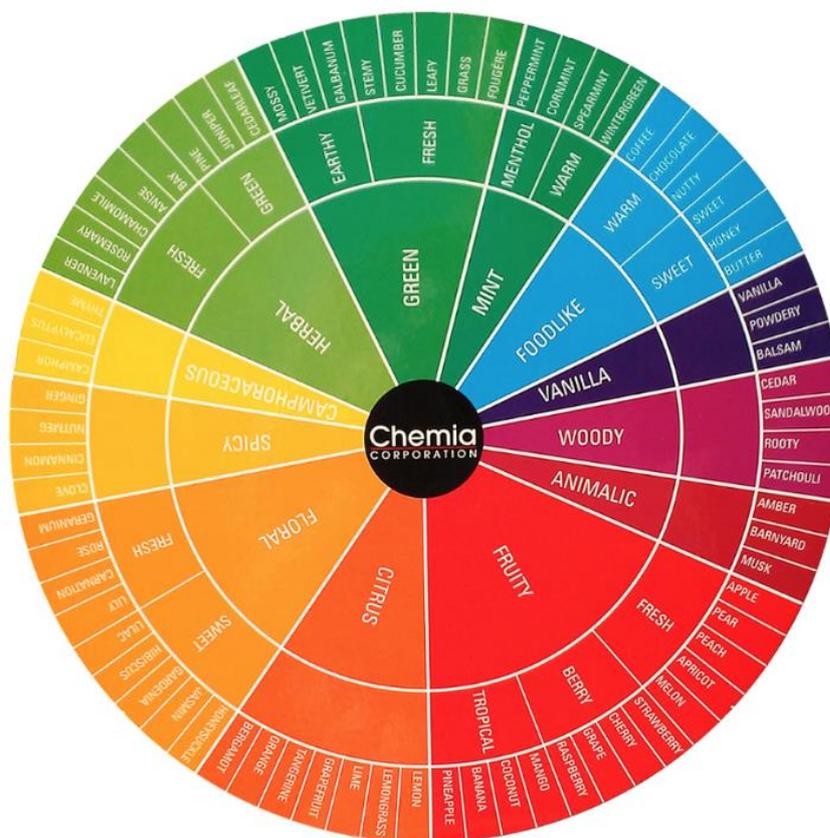
Puntuación	Intensidad
0	No detectable
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

Esencia 4

Puntuación	Intensidad
0	No detectable
1	Bajo
2	Medio
3	Alto

2. ENCIERRE. ¿A QUÉ TIPO DE FRAGANCIA CORRESPONDE LA ESENCIA?

Esencia 1



**ANEXO 2. REGISTRO DE ASISTENCIA A LA SOCIALIZACIÓN DE
ESTRATEGIAS SOBRE EL USO Y TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIEGO DEL
SISTEMA CARRIZAL-CHONE**



ESPAMMFL
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ



Carrera de
**INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**Socialización de estrategias sobre el uso y tratamiento del agua de riego del
sistema Carrizal - Chone**

Registro de asistencia

No.	Nombres y Apellidos	Firma
1	MANUEL MIGUEL VÉLEZ SÁENZ	
2	Benny Jesús Vélez Guerrero	
3	JUAN JOSÉ CALDERÓN VERA	
4	Alessandro José Calderón Chung	
5	Stephany Janeth Govea Ayala	
6	Carlos Banchón	
7		
8		
9		
10		

María Ivanna Vera Pulido

Elena Samanta Villamar González

Ing. Carlos Luis Banchón Bajaña

ANEXO 3. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Anexo 3.1. Primera visita de reconocimiento



Anexo 3.2. Primer análisis de los parámetros iniciales



Anexo 3.3. Primer análisis de los parámetros iniciales Anexo 3.4. Toma principal del sistema Carrizal-Chone



Anexo 3.5. Recolección de muestras



Anexo 3.6. Sistema de la toma principal



Anexo 3.7. Selección y entrenamiento del panel sensorial olfativo



Anexo 3.8. Segundo día de análisis



Anexo 3.9. Prueba para selección del panel



Anexo 3.10. Pesaje de la dosis alta de cal



Anexo 3.11. Dosificación de cloro para tratamiento de agua superficial



Anexo 3.12. Dosificación de carbón vegetal para tratamiento de agua superficial



Anexo 3.13. Muestra de 500ml para realizar los respectivos análisis



Anexo 3.14. Análisis de los parámetros amonio, fosfato y nitrito en laboratorio de la ESPAM MFL



Anexo 3.15. Toma de muestras de agua para aplicación de tratamientos



Anexo 3.16. Dosificación de cloro y cal a las muestras de agua superficial



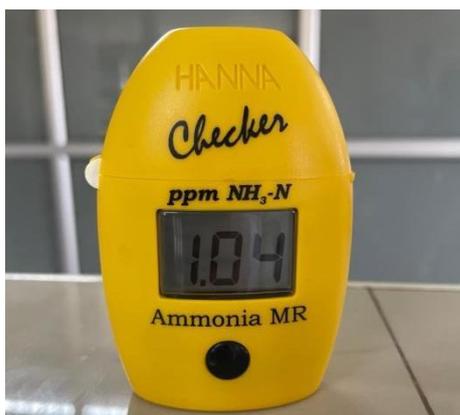
Anexo 3.17. Medición de conductividad eléctrica después de haber aplicado tratamientos



Anexo 3.18. Muestras de agua para analizar en laboratorio



Anexo 3.19. Extracción de muestras para analizar amonio, fosfato y nitrito



Anexo 3.20. Resultado de nitritos para agua superficial



Anexo 3.21. Resultado de fosfato para agua superficial



Anexo 3.22. Resultado de nitrito para agua superficial



Anexo 3.23. Socialización de las estrategias con el Sr. Juan José Calderón Vera



Anexo 3.24. Socialización de las estrategias con trabajadores de la finca "La Pastora Sol"