

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en
el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes 2022**

TESIS

Para optar título profesional de:

Ingeniero Agrícola

Presentado por:

Bach. Diego Alexander Alburqueque Cruz

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en
el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes - 2022**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
(presidente)

Dr. Enrique A. Maceda Nicolini
(secretario)

Ing. Deciderio Atoche Ortiz
(vocal)

Tumbes, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en
el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes - 2022**

Los suscritos declaramos que el proyecto de tesis es original en su
contenido y forma.

Bach. Diego A. Alburquerque Cruz (Tesista)

EJECUTOR

Dr. José M. Carrillo Sarango (Asesor)

Código ORCID: 0000-0003-0841-3064

ASESOR

Tumbes, 2023

CERTIFICACIÓN

Dr. Ing. Carrillo Sarango José Modesto

Docente principal de la Universidad Nacional de Tumbes, adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento Académico de Ingeniería Agrícola.

CERTIFICA:

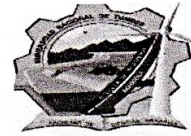
La presente Tesis: “Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes – 2022”, elaborado por el bachiller en Ingeniería Agrícola, Diego Alexander Alburquerque Cruz, ha sido asesorado y revisado por mi persona.



Dr. Ing. Carrillo Sarango José Modesto
Áesor del Proyecto de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA
 TUMBES - PERÚ



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Ciudad de Tumbes, siendo las DOCE horas con 30 minutos del día VEINTISEIS del mes de JUNIO del dos mil veintitres, se reunieron en la Facultad de Ciencias Agrarias en el aula N° 02, los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N° 105-2022/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D, de fecha dos de diciembre de dos mil veintidós conformada por: Dr. Napoleón Puño Lecarnaque (Presidente); Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini (Secretario); Ing. Deciderio Atoche Ortiz (Vocal); Dr. José Modesto Carrillo Sarango (Asesor) con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación y defensa del informe final de la tesis titulada: "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON FINES DE RIEGO EN EL SUBSECTOR HIDRÁULICO CASA BLANQUEADA, TUMBES - 2022" presentado y desarrollado por el Br. Diego Alexander Alburqueque Cruz, para optar el título profesional de Ingeniería Agrícola

Concluida la sustentación; la formulación y absolución de las preguntas y después de la deliberación, el jurado evaluador en concordancia con el artículo 65 del reglamento de tesis para pre grado y posgrado de la Universidad Nacional de Tumbes, lo declaran APROBADA por UNANIMIDAD con el calificativo de MUY BUENA

Por lo tanto, el Br. Diego Alexander Alburqueque Cruz queda APTO para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes le expida el título profesional de Ingeniero Agrícola de conformidad con el Artículo 90 del estatuto y a lo normado en el reglamento de grados y títulos

Siendo las TRECE horas con 30 minutos del mismo día, mes y año, el Presidente del Jurado evaluador dio por culminado el presente acto académico y en señal de conformidad se firma la presente.

Tumbes, 26 de junio de 2023.

[Firma]
 Dr. Napoleón Puño Lecarnaque
 DNI N° 00225904
 PRESIDENTE

[Firma]
 Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini
 DNI N° 27750975
 SECRETARIO

[Firma]
 Ing. Deciderio Atoche Ortiz
 DNI N° 00251292
 VOCAL

Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes 2022

TESIS

por Diego Alexander Alburqueque Cruz


Dr. Carlos Sarango
Ingeniero Agrícola
CIP N° 67152

Fecha de entrega: 24-jul-2023 01:41p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2136211929

Nombre del archivo: DE_TESIS_ANALISIS_DE_CALIDAD_DEL_AGUA_-_DIEGO_ALBURQUEQUE.docx (7.75M)

Total de palabras: 15711

Total de caracteres: 83323

Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanca, Tumbes 2022

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.umsa.bo

Fuente de Internet

2%

2

pt.scribd.com

Fuente de Internet

1%

3

idoc.pub

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.untumbes.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

WSP PERU S.A.. "Actualización y Modificación del Instrumento de Gestión Ambiental de la Planta de Fabricación de Cemento-IGA0019040", R.D. N° 255-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

1%

6

www.arpamolise.it

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet


Dr. José Daniel Sarango
Ingeniero Agrícola
CIP N° 67152

1%

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía Activo


Dr. L. A. Carrillo Sarango
Ingeniero Agrícola
CIP N° 67152

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme permitido estudiar la carrera que siempre quise.

De igual manera dedico a mis padres que con su esfuerzo y empeño pudieron forjar mi vida estudiantil, motivándome cada día a mejorar.

A mis hermanos que siempre están conmigo apoyándome en todo momento.

A mis docentes universitarios que cumplieron con su labor al haber brindado sus conocimientos para forjar a los profesionales del mañana.

A mi pareja Nathaly Segura y a mis compañeros de estudios Adrián, Marlon y Luiggi que me han apoyado en toda mi vida universitaria y personal.

AGRADECIMIENTO

Con inmenso cariño y gratitud a Dios y a mis padres por iluminar mi vida con bendiciones de poder estudiar.

A la vida por darme con experiencias lo que le he pedido cada día: humildad, respeto, sabiduría y paciencia.

A la Autoridad Local del Agua, por brindarme información valiosa para la realización del presente trabajo.

A mi asesor Dr. Ing. José M. Carrillo Sarango, por la asesoría en el desarrollo del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	20
II.	ESTADO DEL ARTE	21
2.1.	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	21
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
2.3.	JUSTIFICACIÓN	23
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	24
2.4.1.	Hipótesis General	24
2.4.2.	Hipótesis Específicas.....	24
2.5.	VARIABLES	24
2.5.1.	Conceptualización de la Variable.....	24
2.6.	OBJETIVOS	25
2.7.	ANTECEDENTES	26
2.7.1.	Antecedentes internacionales.....	26
2.7.2.	Antecedentes nacionales.....	27
2.7.3.	Antecedentes locales.....	28
2.8.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	29
2.8.1.	Aguas subterráneas.....	29
2.9.	BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS.....	33
2.9.1.	Calidad del Agua con Fines de Riego.....	33
2.9.2.	Contaminación Hídrica.....	33
2.9.3.	Interpretación de un Análisis de Agua de Riego	33
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	LOCALIZACIÓN	38
3.1.1.	Ubicación Geopolítica.....	38
3.1.2.	Ubicación Geodésica.....	38

3.2.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS	38
3.2.1.	Materiales	38
3.2.2.	Equipos.....	38
3.2.3.	Instrumentos.....	39
3.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
3.3.1.	Área de estudio.....	39
3.3.2.	Topografía	39
3.3.3.	Climatología.....	40
3.3.4.	Fuente de agua.....	40
3.4.	MÉTODO	40
3.4.1.	Diseño	40
3.4.2.	Población y muestra	41
3.4.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
3.4.4.	Fase de campo	41
3.4.5.	Fase de gabinete.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1.	IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LOS POZOS ESTUDIADOS..	45
4.2.	RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO Y LABORATORIO	47
4.2.1.	Resultados obtenidos en campo.....	47
4.2.1.1.	Resultados de muestras analizadas en campo en periodo seco...	47
4.2.1.2.	Resultados de muestras analizadas en campo en periodo húmedo	48
4.2.2.	Resultados obtenidos en laboratorio	50
4.2.2.1.	Resultados de muestras analizadas en laboratorio en periodo seco	50
4.2.2.2.	Resultados de muestras analizadas en laboratorio en periodo húmedo	51

4.3.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO Y LABORATORIO	53
4.3.1.	Análisis de los resultados obtenidos en campo	53
4.3.2.	Análisis de los resultados obtenidos en laboratorio	57
4.3.3.	Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio	61
4.3.3.1.	Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio	61
4.3.4.	Clasificación del agua subterránea a través del diagrama U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)	61
4.4.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO DEL AGUA SUPERFICIAL (RIO TUMBES)	62
4.4.1.	Análisis de los resultados obtenidos en campo	62
4.4.2.	Análisis de los resultados obtenidos en laboratorio	64
4.4.3.	Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio	66
4.4.3.1.	Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio	66
4.4.3.2.	Clasificación del agua subterránea a través del diagrama U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)	66
4.5.	ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA CON LA DEL RÍO TUMBES	67
4.5.1.	Comparativa de los resultados obtenidos en periodo seco	67
4.5.2.	Comparativa de los resultados obtenidos en periodo húmedo.	68
V.	CONCLUSIONES	69
VI.	RECOMENDACIONES.	70
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
VIII.	ANEXOS	74

LISTADO DE GRAFICOS

Gráfico 1.- Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)	34
Gráfico 2.- Mapa de ubicación - Casa Blanqueada	39

LISTADO DE MODELOS ANALITICOS

Modelo analítico 1.- Potencial de hidrógeno	29
Modelo analítico 2.- Relación de absorción de sodio	31
Modelo analítico 3.- Conversión de miligramos de calcio a miliequivalentes de calcio	43
Modelo analítico 4.- Conversión de miligramos de magnesio a miliequivalentes de magnesio.....	43
Modelo analítico 5.- Conversión de miligramos de sodio a miliequivalentes de sodio	44

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.- Cuadro de Operacionalización de Variables	25
Tabla 2.- Valores ajustado de calcio para calcular la RAS ajustada	32
Tabla 3.- Parámetros a evaluar para la determinación de la calidad de agua con fines de riego agrícola	33
Tabla 4.- Parámetros a evaluar en campo	35
Tabla 5.- Parámetros a evaluar en laboratorio	35
Tabla 6.- Rangos permisibles de los parámetros a evaluar	36
Tabla 7.- Tolerancia de la salinidad a los diferentes cultivos de la zona de estudio	37

Tabla 8.- Ubicación geodésica del centroide del área de estudio	38
Tabla 9.- Ubicación geodésica de los puntos a muestrear – Datum WGS84 – Zona 17 Sur.....	42
Tabla 10.- Ubicación geodésica	44
Tabla 11.- Inspección de campo de los pozos en estudio	45
Tabla 12.- Nivel estático de los pozos en estudio	46
Tabla 13.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco - IRHS–008	47
Tabla 14.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco - IRHS–009	47
Tabla 15.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco – Estación de bombeo (Río Tumbes)	48
Tabla 16.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo - IRHS–008.....	48
Tabla 17.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo- IRHS–009.....	49
Tabla 18.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo– Estación de bombeo (Río Tumbes)	49
Tabla 19.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco - IRHS–008	50
Tabla 20.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco - IRHS–009	50
Tabla 21.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco – Estación de bombeo	51
Tabla 22.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo - IRHS–008	51
Tabla 23.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS–009.	52
Tabla 24.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo– Estación de bombeo	52
Tabla 25.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco pozo IRHS - 008	53
Tabla 26.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco pozo IRHS - 009	54

Tabla 27.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo pozo IRHS - 008.....	55
Tabla 28.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo pozo IRHS - 009.....	56
Tabla 29.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco- IRHS–008.....	57
Tabla 30.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco- IRHS–009.....	58
Tabla 31.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS–008.	59
Tabla 32.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS–009.	60
Tabla 33.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco Estación de bombeo (Río Tumbes)	62
Tabla 34.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)	63
Tabla 35.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco Estación de bombeo (Río Tumbes)	64
Tabla 36.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)	65
Tabla 37.- Resultados del RAS obtenido en periodo seco y húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)	66
Tabla 38.- Clasificación de la calidad del agua de riego en periodo seco y húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes).....	66
Tabla 39.- Comparativa de los resultados obtenidos en periodo seco	67
Tabla 40.- Comparativa de los resultados obtenidos en periodo húmedo.....	68

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1.- Croquis General de la Zona de Estudio	74
Anexo 2.- Matriz de consistencia.....	75
Anexo 3.- Data de trabajo topográfico.....	76
Anexo 4.- Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)	77
Anexo 5.-Temperatura promedio mensual multianual.....	89
Anexo 6.-Tolerancia de cultivos a la salinidad.....	90
Anexo 7.-Data Inventariada del ANA.....	92
Anexo 8.- Panel fotográfico	93

RESUMEN

La presente investigación se orientó en determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego del subsector hidráulico Casa Blanqueada, a fin de ser utilizadas como alternativa de solución inmediata al tema de la contaminación de las aguas del río Tumbes, ya que, tomaría mucho tiempo consensuar con el Ecuador prácticas de conservación y preservación del recurso hídrico, por lo cual se pretende plantear el aprovechamiento del agua subterránea en beneficio de la población. También se definió el objetivo general que consiste en Determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada. La metodología de trabajo empleada fue de tipo descriptivo por cuanto se describieron situaciones, fenómenos y eventos tomando un diseño No Experimental – Transeccional – Descriptivo; porque se analizó las características, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo, para lo cual se tomó la totalidad de pozos del subsector hidráulico Casa Blanqueada, se trabajó con una muestra No Probabilística – Intencionada representada por los pozos IRHS – 008 e IRHS – 009. Se clasificó la calidad de agua de los pozos, según U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), como C3-S1 en periodo seco y C2-S1 en periodo húmedo, por lo que existen diferencias considerables con respecto a la calidad del agua proveniente al río Tumbes, el cual fue clasificado como C1-S1 en ambos periodos de muestreo, teniendo en cuenta que la concentración de plomo tanto para las muestras extraídas en el Río Tumbes y las extraídas en los pozos fue menor a 0.004 mg/L en los meses de diciembre y abril

Palabras Claves: Calidad de agua, Agua subterránea, Fines de riego.

ABSTRAC

The present investigation was aimed at determining the quality of groundwater for irrigation purposes of the hydraulic subsector Casa Blanqueada, in order to be used as an immediate solution to the issue of pollution of the waters of the Tumbes River, Since, it would take a long time to agree with Ecuador practices of conservation and preservation of water resources, which is why it is intended to propose the use of groundwater for the benefit of the population. The general objective of determining groundwater quality for irrigation purposes in the hydraulic subsector Casa Blanqueada was also defined. The work methodology used was descriptive in that situations, phenomena and events were described using a Non Experimental - Transectional - Descriptive design; because the characteristics were analyzed, properties and qualities of a fact or phenomenon of reality at a given moment in time, for which the totality of wells of the Casa Blanqueada hydraulic subsector was taken, worked with a Non-probabilistic - Intentional sample represented by wells IRHS - 008 and IRHS - 009. The water quality of the wells was classified, according to U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), as C3-S1 in dry period and C2-S1 in wet period, so there are considerable differences with respect to the quality of the water coming from the Tumbes river, which was classified as C1-S1 in both sampling periods, taking into account that the lead concentration for both samples taken in the Tumbes River and those extracted in wells was less than 0.004 mg/L in December and April

Keywords: Water quality, Groundwater, Irrigation purposes.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es imprescindible para la supervivencia de los seres vivos en general, ya que representa un porcentaje significativo en la composición de la mayoría de los organismos e interviene de forma crucial en la realización de sus procesos metabólicos, asimismo, desempeña un papel importante en el desarrollo de las plantas y es un hábitat de gran parte de seres vivos. “El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos” (ONU, 2022).

Según el ANA, el Perú cuenta con 1,89% de la disponibilidad de agua dulce del mundo, que es aproximadamente 2 billones de metros cúbicos de agua cada año, sin embargo, debido a su geografía, solo cuenta con una disponibilidad de 2,2% de acceso al agua. La mayor parte de los valles de la costa peruana presenta dificultades en su desarrollo debido a la escasez del recurso hídrico, debido a la falta de infraestructura, irregularidad en las precipitaciones en la cabecera de cuenca.

Según el ANA, el río Puyango-Tumbes tiene una superficie total de 4 850 km², de los cuales 1 806 km² pertenecen a Perú es de aproximadamente 950 km², de los cuales 230 km² discurren en territorio peruano. Con caudales medios mensuales que fluctúan entre 1244,2 m³/s a 7,7 m³/s, con una media de 116,3 m³/s. Este recurso hídrico puede aprovecharse en el riego, sin embargo, según Puño Lecarnaqué (2016), la problemática del río Puyango Tumbes deriva de la contaminación ocurrida su parte alta y media, que adicionan una gran cantidad metales pesados al recurso hídrico y en mayor medida a los sedimentos. Los principales agentes contaminantes del río Puyango– Tumbes son la actividad minera en las localidades de Zaruma y Portovelo de la provincia de El Oro - Ecuador, así como la generación de aguas residuales y vertidos sólidos de las poblaciones asentadas en las riberas del río.

Por tal motivo, en este informe se busca determinar si la calidad de agua para riego, extraída de los pozos es mejor que la proveniente al río Tumbes.

II. ESTADO DEL ARTE

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La aplicación del recurso hídrico con fines de riego en parcelas agrícolas es crucial para el óptimo desarrollo de los cultivos. El agua en la agricultura se utiliza para riego, aplicaciones de fertilizantes, pesticidas, entre otros. La FAO estima que la huella hídrica de los alimentos que consume una persona por día es de 3000 litros. Según el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo en 2022, afirma que el sector agrícola es el mayor consumidor de recursos de agua dulce con 69% de las extracciones mundiales de agua. Por tal motivo, se deben implementar nuevas técnicas y/o tecnologías para el uso racional del mismo.

Según (García et al., 2019) el sector agropecuario se ve afectado por el fenómeno de la niña ya que el crecimiento del PBI agropecuario ecuatoriano pasó de tener un crecimiento del 8% en 2011 a 0% en 2012 que es el año donde se produjo este fenómeno, esto se resume en que la falta o carencia del recurso hídrico dificulta el desarrollo agropecuario.

El presente estudio se enfoca en la cuenca Tumbes, que tiene su cabecera en el país de Ecuador, el cauce principal de la cuenca Tumbes es el río Tumbes, el mismo que se encuentra contaminado debido a la actividad minera que se desarrolla aguas arriba en la provincia del Oro, precisamente en cantones como Zaruma y Portovelo. Según Vilela Pincay et. al (2020) “Se emplea una minería tradicional con la extracción del oro con tratamientos a base de cianuro y mercurio, llegando a formar parte del 19,45% de la contaminación al agua en la provincia de El Oro”.

Según el ANA en el río Tumbes existen 6 proyectos hidráulicos para el sector agrícola que son: Margen izquierda, Puerto el Cura – Pampa Grande, Tuna - Romero y el Palmar, Oidor – Casa Blanqueada, Pampas de Hospital y San Juan de la Virgen, sumando en total una captación de 194,23Hm³ al año. El recurso hídrico que se captan en estos proyectos es el mismo que se encuentra contaminado por los metales pesados que son utilizados en la minería. Debido a esto es menester contar con alternativas de solución sostenibles y de corto plazo, hasta que se solucione el conflicto social.

En la localidad de Casa Blanqueada existen zonas en las que se encuentran instalados 2 (Dos) captaciones (pozos), los cuales fueron construidos con fines agropecuarios, la mayoría de estos han sido excavados por los mismos pobladores sin criterio técnico que avale parámetros de calidad del recurso hídrico (que, según el MINAM en 2017 debe estar contenida en la categoría 3).

La población de Casa Blanqueada se dedica en su mayoría a la agricultura y ganadería, actividades que son atendidas con el recurso hídrico proveniente de captaciones directas del río Tumbes que, según Gamarra et al., (2021) se encuentra contaminado por la actividad minera presente en los distritos ecuatorianos de Portovelo y Zaruma, cuyos relaves y residuos superan los límites máximos permisibles y sobrepasan los estándares de calidad ambiental (ECA).

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a lo analizado en la introducción, se plantea:

¿El análisis de la calidad del agua subterránea del subsector hidráulico Casa Blanqueada permite el aprovechamiento del recurso hídrico con fines de riego?

2.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación se justifica porque resulta un valioso insumo para la explotación de las aguas subterráneas como alternativa de solución inmediata al tema de la contaminación de las aguas del río Tumbes, ya que, tomaría mucho tiempo consensuar con el Ecuador prácticas de conservación y preservación del recurso hídrico.

Justificación práctica, porque permite solucionar un problema de calidad, como lo es identificar el contenido de los parámetros físico – químicos presentes en el agua para riego de las parcelas agrícolas del subsector hidráulico de Casa Blanqueada y así mismo para otros usos.

Justificación teórica científica, ya que la evaluación de la calidad del agua está basada en la concentración de los distintos parámetros evaluados, y los rangos óptimos de dichas concentraciones establecidos por la bibliografía consultada y estándares de calidad.

Justificación Metodológica, porque los instrumentos, técnicas y procedimientos aplicados en la presente investigación, tienen validez y confiabilidad para ser utilizados en otros trabajos de investigación similares.

Justificación socioeconómica, ya que los resultados obtenidos, permiten plantear el uso el agua subterránea como fuente provisional para mitigar los daños causados por los residuos y relaves mineros a salud poblacional y al sector agropecuario de la región, a fin de lograr el mejoramiento económico y social de la población, mejorando así, su calidad de vida.

Justificación política administrativa, porque los resultados influyen y potencializan la toma de decisiones, por parte de las autoridades e instituciones responsables de elaborar proyectos y estudios para el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo en beneficio de la población.

2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

La calidad del agua subterránea en el subsector hidráulico Casa Blanqueada es óptima para su aprovechamiento con fines de riego.

2.4.2. Hipótesis Específicas

1. El diagnóstico de los pozos en el subsector hidráulico de Casa Blanqueada permite conocer las características del sistema de captación del recurso hídrico subterráneo, así como la variación del nivel freático en periodo húmedo y seco.
2. La calidad del agua subterránea con fines de riego en los sectores agrícolas “El Zapata” y “El Alto Carrillo” en el subsector hidráulico Casa Blanqueada es óptima para su aprovechamiento con fines de riego.
3. La calidad del agua del río Tumbes en el subsector hidráulico Casa Blanqueada es óptima para su aprovechamiento con fines de riego.
4. El recurso hídrico subterráneo presenta mejores condiciones en periodo seco y húmedo, en cuestión de calidad de agua para riego, que el procedente al río Tumbes.

2.5. VARIABLES

En la presente investigación se trabajará con dos variables, calidad del agua y aprovechamiento para riego.

2.5.1. Conceptualización de la Variable

2.5.1.1. Variable independiente

Calidad del Agua. - Se refiere a la concentración en que se presentan los diferentes parámetros físico-químicos del recurso hídrico, referenciando rangos óptimos para su uso agrícola.

2.5.1.2. Variable dependiente

Aprovechamiento para Riego. - Se refiere a la idoneidad que tiene el recurso hídrico para ser aprovechado en el riego de las parcelas agrícola.

2.5.2. Operacionalización de la Variable

Las variables serán operacionalizadas como:

Tabla 1.- Cuadro de Operacionalización de Variables

Variables	Indicadores	Índices	Ítems
<u>Independiente:</u> Calidad del agua	1. Parámetros físico-químicos.	1.1. pH, Temperatura, Conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, Sodio, Bicarbonatos, RAS y Plomo	- Análisis de información bibliográfica. - Análisis de muestras en laboratorio.
<u>Dependiente:</u> Aprovechamiento para riego	2. Capacidad de riego	2.1. Rangos permisibles de concentración elementos presentes en el agua de riego	- Análisis de muestras en campo. - Cálculos. - Cuestionarios.

Fuente: Elaboración propia (2023)

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada.

2.6.2. Objetivos Específicos

- a) Realizar el diagnóstico de los pozos del subsector hidráulico de Casa Blanqueada.
- b) Determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego en los sectores agrícolas “El Zapata” y “El Alto Carrillo”, ubicados en el subsector hidráulico Casa Blanqueada, a partir de los resultados obtenidos.
- c) Determinar la calidad del agua con fines de riego del río Tumbes a partir de los resultados obtenidos.
- d) Comparar los resultados obtenidos de las muestras de las aguas subterráneas y del río Tumbes en periodo seco y periodo húmedo.

2.7. ANTECEDENTES

2.7.1. Antecedentes internacionales

Alfaro Arrieta y Omar Dengo (2019); en su estudio “Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago Costa Rica” concluye que:

Altos niveles de contaminación de las aguas superficiales son la consecuencia de mal manejo de desechos, vertidos de aguas residuales. Se determinó el grado de contaminación en los ríos Chiz-Maravilla y quebrada Honda por medio de la evaluación de la calidad del agua utilizando analizando parámetros fisicoquímicos. Se analizaron diferentes puntos de muestreo y se obtuvieron niveles de contaminación altos según los resultados físico químicos. Concluye que la calidad del agua del río Chiz, el río Maravilla y Quebrada Honda es mala y es necesario la implementación de medidas de gestión que permitan mitigar la contaminación y la recuperación del recurso hídrico superficial.

Mancilla Villa et al. (2021), en su estudio “Calidad del agua subterránea para su uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México” en el cual:

Evalúa las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas a través de muestreos en la temporada lluviosa y seca. Las muestras fueron extraídas de pozos profundos y norias. Se analizaron parámetros de pH, aniones y cationes, conductividad eléctrica (CE), relación de adsorción de sodio (RAS), entre otros. Como resultados se obtuvo que, Zacoalco presenta 40% aguas con alto contenido de sales en época secas y 66% aguas con contenido medio de sales en épocas lluviosas; Autlán presenta 75% aguas con alto contenido de sales en época secas, y en lluvias 75% aguas con contenido medio de sales en épocas lluviosas, por lo que su uso presenta restricciones moderadas.

2.7.2. Antecedentes nacionales

Silva Talledo (2019) en su tesis “Investigación Hidrogeológica para el Aprovechamiento de Agua Subterránea en el Predio Inkaterra, Distrito de El Alto, Provincia de Talara y Departamento de Piura – Perú”, concluyó que:

El agua del subsuelo en la zona de estudio es de calidad C4 S4; es decir:

C4: Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S4: Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Castillo Vereau et al. (2022) en su trabajo de investigación “Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por COVID-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú”, indican lo siguiente:

De acuerdo con los resultados obtenidos, la calidad del agua consumida por los usuarios de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Trujillo, no reúne las condiciones de salubridad que establecen las normas vigentes (DS N°004-2017-MINAM).

Díaz Alegría (2018) en su tesis “Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín”, concluyó que:

Los parámetros fisicoquímicos que cumplieron con los estándares de calidad ambiental para aguas para riego de vegetales y bebida de animales (tipo 3) en épocas de estiaje y avenidas son: Conductividad eléctrica, pH, temperatura, Magnesio, Plomo, entre otros. Por lo tanto, se puede aprovechar el agua de la quebrada Chupishiña para riego de ciertos vegetales con tratamiento previo.

2.7.3. Antecedentes locales

Fernández Yarlequé (2019) en su tesis “Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, AS y Cianuro (CN-), en el naciente río Binacional Puyango – Tumbes (Perú – Ecuador), concluyó que:

El recurso hídrico proveniente del río naciente Puyango – Tumbes se encuentra contaminado por la presencia de metales pesados que superan los Estándares de Calidad Ambiental, dispuestos por el D.S. 004 – 2017 – MINAM, de agua de categoría 2 y 4, debido al vertimiento de los relaves mineros que se encuentran en la zona de influencia.

Carrasco et al. (2020) en su estudio “Inspección técnica de línea base geoambiental de la cuenca del río Puyango-Tumbes (Lado Peruano)”, concluyeron que:

La presencia de metales pesados se encuentra asociada a la actividad minera presente en la cabecera de cuenca. Las mayores concentraciones de elementos tóxico y/o metales pesados se observan en las muestras extraídas en el cauce del río Puyango y Tumbes (límite fronterizo Perú – Ecuador), y reducen su concentración en la estación 1394-19-SW-06 (zona Naranjos), donde según estudios realizados en Ecuador la actividad minera artesanal recién comienza. En los resultados obtenidos, se identifica la variación mensual de la concentración de los metales pesados, siendo diciembre el mes con menor concentración de metales pesados.

Agurto Maceda (2021) en su tesis “Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad Loma Saavedra, distrito Aguas Verdes – Zarumilla – Tumbes – 2020”, concluyó que:

Mediante el análisis de la calidad del agua a partir de muestras extraídas del pozo, se comprobó que todos los parámetros estaban dentro de los rangos óptimos establecidos por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), por lo que el recurso hídrico que consumía la población de la localidad de Loma Saavedra es de óptima calidad.

2.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.8.1. Aguas subterráneas

Según Ordoñez Gálvez (2011) es aquella que se encuentra en el subsuelo que puede ser aprovechada mediante pozos, galerías filtrantes o túneles o también la que fluye a la superficie mediante manantiales o arroyos.

2.8.2. Potencial de hidrógeno (pH)

“El pH se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de ion H⁺ de una solución” (Mengel & Kirkby, 1987).

Según Sierra Ramírez (2011) el pH es el término utilizado para definir la intensidad de las condiciones básica o ácidas del agua. Puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{pH} = \log \left\{ \frac{1}{[\text{H}^+]} \right\}$$

Modelo analítico 1.- Potencial de hidrógeno

Se sabe que el pH se encuentra en una escala de 0 hasta 14, siendo 7 el valor neutro. Un valor menor a 7 es ácido y un valor mayor es básico o alcalino, será más ácido o más alcalino dependiendo de qué tanto difiera del valor neutro.

Sin embargo, es importante recalcar que el pH mide el grado de alcalinidad o de acidez, pero no determina el valor de estos. Se puede realizar las mediciones del pH en el laboratorio o en campo por medio de instrumentos electrónicos (peachímetro).

2.8.3. Temperatura (T)

Según Sierra Ramírez (2011) la temperatura es el parámetro físico más importante del agua, ya que, esta afecta la velocidad de las reacciones químicas, la viscosidad y es necesario considerarla para el diseño de los procesos de tratamiento del agua (sedimentación, coagulación, entre otros).

De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental del DS N°004-2017-MINAM, el valor óptimo es de ±3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

2.8.4. Conductividad eléctrica (CE)

Según Sierra Ramírez (2011) la conductividad indica el contenido de las sales disueltas en el agua, mide la concentración de iones principalmente de sodio, magnesio calcio, fósforo, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Las unidades de medida pueden ser micromhos/cm o Siemens/cm. Es preciso mencionar que, las aguas que contienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas.

“Los efectos osmóticos causados por la concentración total de sales solubles son estimados, así mismo, mediante la conductividad eléctrica. Los cambios en las condiciones osmóticas de la zona radicular afectan al flujo de agua en el sistema suelo-planta” (Moliner & Masaguer, 1996), es decir a mayor conductividad eléctrica más difícil es para la planta captar el recurso hídrico.

2.8.5. Sólidos disueltos totales (SDT)

Según Sierra Ramírez (2011) los sólidos disueltos totales son todo el material que queda después de evaporar el agua a 105°C, es decir, todo aquello presente en la muestra, excepto agua. Para dar un diagnóstico de la calidad del agua, es necesario determinar la cantidad de sólidos que contiene la muestra.

2.8.6. Sodio (Na)

Elemento químico, cuyo símbolo es Na y su número atómico 11. Es un metal alcalino blando, untuoso, de color plateado, muy abundante en la naturaleza, encontrándose en la sal marina.

Según Sierra Ramírez (2011) es necesario conocer la proporción relativa de sodio (Na), debido a su efecto sobre la sodificación del suelo. El sodio presenta un efecto dispersante debido a que es intercambiado por los coloides del suelo, al tener este una alta capacidad de hidratación. Un suelo que ha sido dispersado por efecto del sodio altera su estructura, sellándose parcial o totalmente la superficie del suelo a la infiltración del recurso hídrico y al intercambio gaseoso entre el perfil del suelo y la atmósfera. Por lo que, se crean inapropiadas condiciones para el desarrollo vegetativo de los cultivos teniendo un efecto negativo en sus rendimientos.

Según Nakayama (1982), concentraciones de sodio menores a 5 miliequivalentes por litro es de buena calidad, de 5 a 10 de regular calidad y mayor a 10 de mala calidad.

2.8.7. Bicarbonatos

Los bicarbonatos son sales ácidas derivadas del ácido carbónico (H_2CO_3) que contienen el anión bicarbonato (HCO_3^-). Cuando se hace uso de aguas alcalinas en sistemas de riego tecnificados sin tratamiento previo, cabe la posibilidad de la obstrucción de los emisores, debido a que los bicarbonatos precipitan con los cationes presentes en la solución, formando compuestos de baja solubilidad como: bicarbonatos de calcio, sodio, magnesio y carbonatos de calcio, entre otros.

Según L.E. et al. (1982) en aguas ricas en iones bicarbonato hay la tendencia del calcio y del magnesio a precipitarse en forma de carbonatos a medida que la solución del suelo se vuelve concentrada, por lo que es necesario considerar el efecto del bicarbonato para el cálculo del RAS.

2.8.8. Relación de Absorción de Sodio (RAS)

Según Sierra Ramírez (2011) el RAS es un indicador de la concentración relativa de sodio. La sodicidad se expresa como la concentración relativa de sodio comparada con el calcio y magnesio y existen dos formas de representarla: relación de adsorción de sodio (RAS) y relación de adsorción de sodio ajustada (RAS aj). La fórmula para determinar el RAS del agua es:

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

Modelo analítico 2.- Relación de absorción de sodio

Según Ayres & Wescot (1985), los valores obtenidos de RAS pueden no ser exactos cuando hay presencia de bicarbonatos, ya que puede precipitar el calcio, incrementando el efecto negativo del sodio en el suelo. Por lo que, es necesario considerar los bicarbonatos presentes en el agua. Para esto, calculamos primero la relación de bicarbonatos y calcio, la cual, junto con el valor de CE, indicará el valor de concentración de calcio ajustado.

Tabla 2.- Valores ajustado de calcio para calcular la RAS ajustada

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)								
	0,1	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
0,05	13,20	13,90	14,40	14,80	15,30	15,90	16,40	17,30	18,00
0,10	8,30	8,80	9,10	9,30	9,60	10,00	10,40	10,90	11,30
0,20	5,20	5,50	5,70	5,90	6,10	6,30	6,50	6,90	7,10
0,30	4,00	4,20	4,40	4,50	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40
0,40	3,30	3,50	3,60	3,70	3,80	4,00	4,10	4,30	4,50
0,50	2,80	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,70	3,90
1,00	1,80	1,90	2,00	2,00	2,10	2,20	2,20	2,40	2,50
2,00	1,10	1,20	1,20	1,30	1,30	1,40	1,40	1,50	1,50
3,00	0,90	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00	1,10	1,10	1,20
4,00	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90	0,90	1,00
5,00	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80

Fuente: Ayres & Wescot (1985),

Se procede entonces a determinar el valor de la RAS ajustada aplicando el modelo analítico 1 con el valor ajustado de la concentración de calcio.

2.8.9. Plomo

Elemento químico cuyo símbolo es Pb y su número atómico es 82. Es un metal pesado de densidad relativa de 11,4 g/ml, de color azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad, se funde a 327,4 °C y hierve a 1725°C (Lenntech, 2019).

Según Kushwaha et al. (2018) la acumulación de plomo en el suelo es perjudicial en la producción agrícola debido a los efectos nocivos sobre la microflora, la seguridad alimentaria y el crecimiento de los cultivos. Según Vasquez V. et al. (2017) una concentración de plomo mayor a 0,01 mg/l puede inhibir el crecimiento celular.

Con relación a los efectos dañinos para la salud humana, el Plomo puede causar los siguientes efectos: Abortos, daño a los riñones, anemia, incremento de la

presión sanguínea, alteración del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños.

En caso de agua para riego, los límites máximos permisibles que establece los ECA (DS N°004-2017-MINAM), la concentración de plomo en el agua para riego no debe ser mayor a 0,05 mg/L.

2.9. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

2.9.1. Calidad del Agua con Fines de Riego

Según Embid Irujo (1999) se puede definir calidad, como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. Desde el punto de vista de riego, como aquellas condiciones que deben darse en el agua (conjunto de características físicas, químicas y microbiológicas que la definen) para que cumpla unos determinados objetivos de calidad (calidad agrícola).

2.9.2. Contaminación Hídrica

La contaminación del recurso hídrico se refiere a la acción de introducir algún agente en el agua alterando su composición química (Deteriorando su calidad). Según la Organización Mundial de la Salud el recurso hídrico está contaminado cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural.

2.9.3. Interpretación de un Análisis de Agua de Riego

Se puede describir de una manera sencilla todo lo anterior expuesto haciendo uso del siguiente cuadro:

Tabla 3.- Parámetros a evaluar para la determinación de la calidad de agua con fines de riego agrícola

Calidad	RAS	CE (micromhos/cm)
Excelente	S1: 0 – 10	C1: 100 – 250
Buena	S2: 10 – 18	C2: 250 – 750
Dudosa	S3: 18 – 26	C3: 750 – 2250
Mala	S4: > 26	C4: > 2250

Fuente: Moliner & Masaguer (1996)

Los índices se calculan en miliequivalentes/litro

Se pueden interpretar los resultados a partir del gráfico 1.

Gráfico 1.- Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)

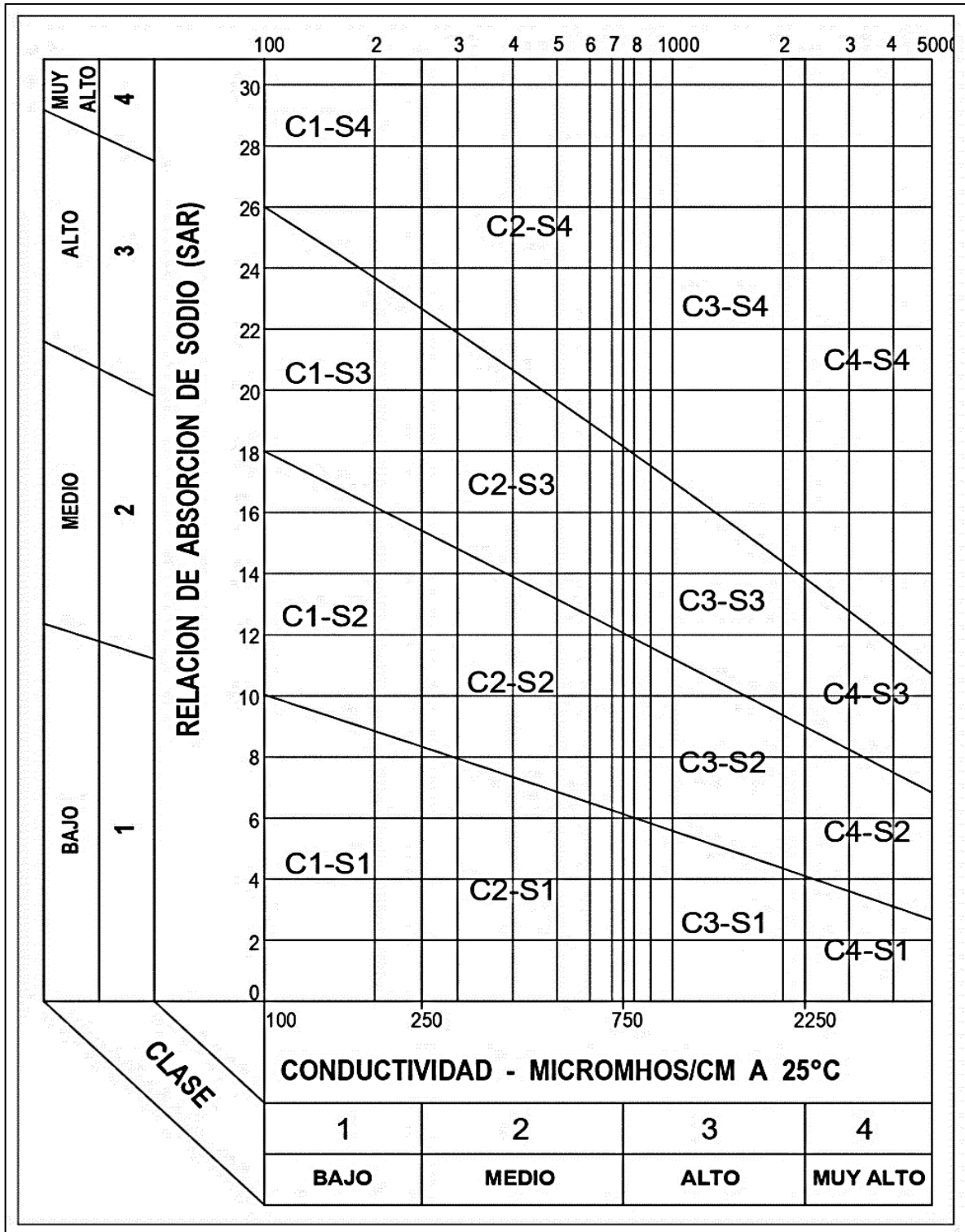


Tabla 4.- Parámetros a evaluar en campo

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Método de referencia / Técnica Analítica
pH	pH	Unidad de pH	Equipo multiparámetro
Temperatura (°C)	°T	°C	Equipo multiparámetro
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	Equipo multiparámetro
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	Equipo multiparámetro

Fuente: Elaboración propia (2023)

Δ3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 5.- Parámetros a evaluar en laboratorio

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Método de referencia / Técnica Analítica
pH	pH	Unidad de pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	Electrométrico
Calcio	Ca	mg/L	Crom Iónica
Magnesio	Mg	mg/L	Crom. Iónica
Sodio	Na	mg/L	Crom Iónica
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	Volumetría
Plomo	Pb	mg/L	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de ensayo e investigación (2023)

2.9.4. Rangos permisibles de concentración de elementos presentes en el agua de riego.

Los rangos permisibles se detallan en la tabla 6, mostrando el parámetro, unidad de medida, rangos permisibles y la bibliografía consultada.

Tabla 6.- Rangos permisibles de los parámetros a evaluar

Parámetros	Unidades	Rangos				Fuente
		Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
pH	Adimensional	> 7 - 7	7 -8		> 8	(Nakayama, 1982)
				6,5 – 8,5		DS N°004-2017-MINAM
Temperatura	°C			Δ3		DS N°004-2017-MINAM
Conductividad eléctrica	μS/m	<250	250-750	750-2250	>2250	(Pérez Melián, 1978)
				0 - 2500		DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM
Sólidos disueltos totales	mg/L	<450	450-2000		>2000	(Nakayama, 1982)
Sodio (Na ⁺)	meq/L	<5	5-10		>10	(Nakayama, 1982)
Bicarbonatos	meq/L	<1,5	1,5 – 8,5		>8,5	(Nakayama, 1982)
Plomo	mg/L		< 0,05			DS N°004-2017-MINAM
RAS	Adimensional	<10	10-18	18-26	>26	(Pérez Melián, 1978)

Fuente: Elaboración propia (2023)

Diferentes cultivos presentan diferentes tolerancias a la salinidad, por lo que, se ha identificado tres cultivos que son los característicos de la zona: Banano, plátano, maíz y limón; los mismos se presentan los valores de tolerancia a la salinidad en la tabla 6.

Tabla 7.- Tolerancia de la salinidad a los diferentes cultivos de la zona de estudio

Cultivo	Rango de tolerancia	Descripción
Maíz (<i>Zea mays</i>)	5 – 10,5 dS/m	Moderadamente sensible
Limonero (<i>Citrus limón</i>)	0 – 5 dS/m	Sensible
Banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	0 – 5 dS/m	Sensible

Fuente: Vasquez V. et al. (2017)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

3.1.1. Ubicación Geopolítica

Región : Tumbes
Provincia : Tumbes
Distrito : San Jacinto
Localidad : Casa Blanqueada
Sector : “El Alto Carrillo” y “El Zapata”

3.1.2. Ubicación Geodésica

Tabla 8.- Ubicación geodésica del centroide del área de estudio

Norte (m)	Este (m)
9 587 013,35	560 599,61

Fuente: Elaboración propia (2023)

3.2. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS

3.2.1. Materiales

- Herramientas manuales (Balde, Soga, Machete).
- Muestreadores de agua
- Libreta de apuntes.

3.2.2. Equipos

- Navegador GPS GARMIN – GPSMAP 64s.
- Equipo multiparámetro (potenciómetro) para el análisis de calidad de agua.
- Calculadora científica.
- Cámara fotográfica – Teléfono celular.
- Laptop marca HP - Intel CORE i5.

3.2.3. Instrumentos

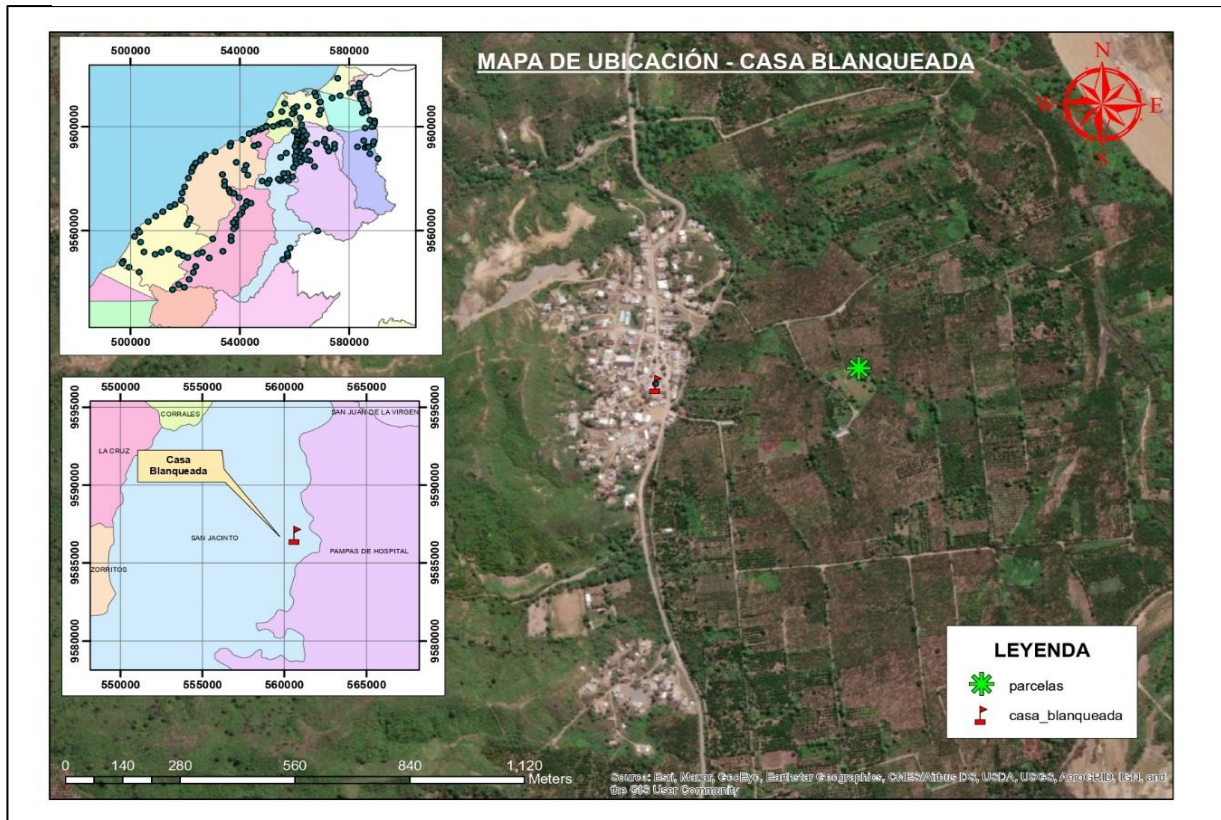
- Linterna LED 2W.
- Softwares (Microsoft Word, Microsoft Office, Microsoft Excel).

3.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.3.1. Área de estudio

El área estudiada se desarrollará en las parcelas agrícolas de la localidad de Casa Blanca.

Gráfico 2.- Mapa de ubicación - Casa Blanca



Fuente: Elaboración propia (2023)

Fuente: ArcGIS 10.5 - Arcmap

3.3.2. Topografía

La zona de estudio presenta una topografía plana característico de las zonas costeras, con pendientes suaves, con una elevación promedio de 26 msnm. Además, existen zonas susceptibles a la inundación en épocas de máximas avenidas.

3.3.3. Climatología

La localidad de Casa Blanqueada pertenece al distrito de San Jacinto que a su vez pertenece a la provincia de Tumbes, por lo que, según el ANA presenta un clima semitropical, considerada como la región más cálida de la costa peruana con unas temperaturas que fluctúan entre 30° (en los meses de enero a abril) y 23° (entre junio a septiembre).

3.3.4. Fuente de agua

En la actualidad la principal fuente de agua para riego es el río Tumbes (corresponde a una fuente de agua superficial), sin embargo, también se utiliza el agua subterránea en lo que corresponde a servicio poblacional (agua potable).

3.4. MÉTODO

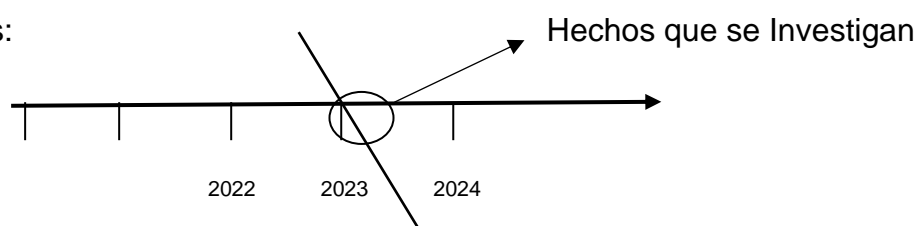
El presente trabajo de investigación se elaboró a través de cinco etapas principales que consisten en:

- Diseño.
- Recopilación de la información.
- Fase de campo.
- Fase de gabinete.
- Elaboración del informe final.

3.4.1. Diseño

Es un diseño No Experimental – Transeccional – Descriptivo; porque se analizó las características, propiedades y cualidades de un hecho o fenómeno de la realidad en un momento determinado del tiempo (Carrasco, 2019).

Su diseño es:



3.4.2. Población y muestra

3.4.2.1. Población

La población está constituida por la totalidad de pozos del subsector hidráulico Casa Blanqueada.

3.4.2.2. Muestra

En este trabajo se desarrolló con una muestra No Probabilística – Intencionada, por lo que, no todas las partes de la población formaron parte de la muestra, fue de acuerdo a los puntos de captación a de agua subterránea, intencionada porque no se hizo uso de una regla estadística o matemática solo a criterio del investigador.

La muestra está representada por los pozos IRHS – 008 y IRHS – 009, ubicados en los sectores “El Zapata” y “El Alto Carrillo” del sub sector hidráulico de Casa Blanqueada, y del río Tumbes.

3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recopilación de la información y datos se hizo uso de los siguientes instrumentos:

- a) Documentos escritos (Informes oficiales, libros, revistas, leyes, entre otros).
- b) Entrevistas, que consta en un diálogo interpersonal entre el tesista y el usuario de riego.
- c) Equipos e instrumentos de medición, que serán equipos que puedan realizar mediciones en campo (como GPS móvil, peachímetro, frascos, entre otros) y en laboratorio (Reactivos químicos, probetas, pipetas, entre otros).

3.4.4. Fase de campo

3.4.4.1. Reconocimiento de campo.

En primera instancia se realizó las coordinaciones necesarias con los representantes de la comisión de regantes de Casa Blanqueada, de tal manera que se logren acuerdos de colaboración respecto a las actividades de investigación realizadas.

Luego se identificó y registró en campo de los siguientes datos (tomando en cuenta todos los pozos presentes en el área de estudio definida):

- Tipo de pozo.
- Medidas de la fuente (Nivel estático, profundidad).
- Equipo de bombeo
- Año de construcción.
- Uso actual.

Los pozos a estudiar han sido identificados a través de números, por consiguiente, tenemos la ubicación geográfica de cada uno.

Tabla 9.- Ubicación geodésica de los puntos a muestrear – Datum WGS84 – Zona 17 Sur

N°	Estructura	Nomenclatura	Punto de muestreo	Norte (m)	Este (m)
1	Pozo	(*) IRHS – 008	“El Zapata”	9 586 658,17	561 026,00
2	Pozo	(*) IRHS – 009	“El Alto Carrillo”	9 587 005,35	561 100,19
3	Punto de captación	Estación de bombeo	Estación bombeo – comisión de regantes Casa Blanqueada	9 585 096.24	561 041.23

Fuente: Elaboración propia (2023)

(*) De acuerdo al ANA, los pozos IRHS – 008 y IRHS – 009 pertenecen al grupo de regantes de Casa Blanqueada.

3.4.4.2. Extracción de muestras de agua.

Se extrajeron muestras de agua de los pozos de los sectores “El Zapata”, “El Alto Carrillo” y del río Tumbes en la “Estación bombeo – comisión de regantes Casa Blanqueada”, para posteriormente analizar los resultados de laboratorio y de las medidas de campo.

Cabe mencionar que se utilizó el equipo multiparámetro (potenciómetro) para el análisis de calidad de agua en campo. Haciendo uso de este equipo se determinó

la concentración de los siguientes parámetros: Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, Conductividad eléctrica y Sólidos disueltos totales.

Para el análisis en laboratorio se extrajeron las muestras en los puntos mencionados y fueron almacenados en un recipiente hermético para su debido transporte al laboratorio de agua.

3.4.5. Fase de gabinete

3.4.5.1. Cálculos e interpretación de resultados obtenidos.

Con los resultados obtenidos se interpretó los valores obtenidos y se clasificó el agua de riego según los rangos descritos en la tabla 6, teniendo en cuenta lo descrito previamente al marco teórico, colocando una descripción a cada parámetro según la bibliografía recabada. A la vez que se clasificó el agua de riego tomando en cuenta su Conductividad eléctrica y su RAS.

Es preciso mencionar que para los resultados de los parámetros de Calcio, Magnesio, Sodio y temperatura se realizó los siguientes cálculos:

Calcio

Este parámetro se determinó en miligramos por litro, mas, para el cálculo del RAS se trabajó en miliequivalentes por litro(mEq/L), por lo que, se realizó la siguiente conversión:

$$1\text{mEq Calcio/L} = 20\text{mg Calcio/L}$$

Modelo analítico 3.- Conversión de miligramos de calcio a miliequivalentes de calcio

Magnesio

Este parámetro se determinó en miligramos por litro, mas, para el cálculo del RAS se trabajó en miliequivalentes por litro(mEq/L), por lo que, se realizó la siguiente conversión:

$$1\text{mEq Magnesio/L} = 12,16 \text{ mg Magnesio/L}$$

Modelo analítico 4.- Conversión de miligramos de magnesio a miliequivalentes de magnesio

Sodio

Este parámetro se determinó en miligramos por litro, mas, para el cálculo del RAS se trabajó en miliequivalentes por litro(mEq/L), por lo que, se realizó la siguiente conversión:

$$1\text{mEq Sodio/L} = 23 \text{ mg Sodio/L}$$

Modelo analítico 5.- Conversión de miligramos de sodio a miliequivalentes de sodio

Temperatura

Para el cálculo de la temperatura promedio mensual multianual, se recopiló información a partir de una estación virtual generada por PISCO-SENAMHI, la cual presenta las siguientes coordenadas geodésicas.

Tabla 10.- Ubicación geodésica

Localidad	Norte (m)	Este (m)
Casa Blanqueada	9 587 013,35	560 599,61

Fuente: Elaboración propia (2023)

Posteriormente se analizó los datos y se procedió al cálculo de dicho parámetro.

3.4.5.2. Análisis y comparación de la calidad de agua subterránea con la del Río Tumbes teniendo ambos fines agrícolas (riego).

Según los antecedentes, el agua del río Tumbes tiene una concentración de metales más elevada de las que los estándares de calidad ambiental consideran apta para el consumo humano y para el uso agrícola.

En este apartado se realizó la comparación entre los valores obtenidos con una muestra de agua subterránea y una procedente del Río Tumbes en periodo seco (diciembre) y periodo húmedo (abril).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN Y REGISTRO DE LOS POZOS ESTUDIADOS.

Los datos registrados se obtuvieron a través de encuestas a los propietarios de los pozos, además de la consulta respectiva a la Autoridad Local del Agua Tumbes. Los datos tomados en campo fueron:

Tabla 11.- Inspección de campo de los pozos en estudio

Nomenclatura	Tipo de pozo	Equipo de bombeo	Año de construcción	Uso actual
IRHS – 008	Anillado	Bomba diésel +motor de 60HP	1985	Consumo Humano
IRHS – 009	Anillado	Motobomba de 4” – 20HP	1985	Riego de parcelas agrícolas

Fuente: Elaboración propia (2023)

Se pudo observar que el pozo IRHS – 008 se encuentra operativo, funcionando diariamente con un equipo de bombeo compuesto por un motor de 60HP y una bomba centrífuga. El pozo es utilizado para captar agua con fines poblacionales (cubrir las necesidades básicas de higiene).

Se pudo observar que el pozo IRHS – 009 se encuentra operativo, funcionando en un intervalo de 5 a 10 días con un equipo de bombeo compuesto por una motobomba de 20 HP. El pozo es utilizado para captar agua con fines de riego agrícolas de las parcelas de cultivo de banano, plátano, limón y pan llevar.

Tabla 12.- Nivel estático de los pozos en estudio

Pozo	Cota (msnm)	Nivel estático en periodo seco (msnm)	Nivel estático en periodo húmedo (msnm)
IRHS – 008	20.94	19.44	20.64
IRHS – 009	22.02	20.02	21.25
Diferencia de niveles (Δ)	1.09	0.59	0.62

Fuente: Elaboración propia (2023)

Para la medición del nivel estático se realizó un trabajo topográfico a fin de determinar la cota de agua en metros sobre nivel del mar.

Se pudo observar que el nivel estático del pozo IRHS – 008 e IRHS - 009, varía dependiendo al periodo de muestreo, siendo en el periodo húmedo la cota mayor. Además, se observa que el nivel freático de cada pozo tiene una diferencia de 0.59 metros en periodo seco y 0.62 metros en periodo húmedo. Siendo el pozo IRHS – 009 de mayor altura sobre el nivel del mar.

4.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO Y LABORATORIO

4.2.1. Resultados obtenidos en campo

4.2.1.1. Resultados de muestras analizadas en campo en periodo seco

Tabla 13.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco - IRHS-008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.3
Temperatura (°C)	°T	°C	27.9
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	911.0
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	911.0

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 14.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco - IRHS-009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.1
Temperatura (°C)	°T	°C	27.8
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	928.0
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	928.0

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 15.- Resultados obtenidos en campo en periodo seco – Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.6
Temperatura (°C)	°T	°C	27.8
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	195
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	195

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.2.1.2. Resultados de muestras analizadas en campo en periodo húmedo

Tabla 16.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo - IRHS-008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.50
Temperatura (°C)	°T	°C	28.0
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	295.00
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	295.00

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 17.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo- IRHS-009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.26
Temperatura (°C)	°T	°C	28.10
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	614
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	614

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 18.- Resultados obtenidos en campo en periodo húmedo- Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.54
Temperatura (°C)	°T	°C	28.0
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	148.10
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	148.00

Fuente: Elaboración propia (2023)

Los resultados mostrados en las Tablas 13, 14, 15, 16, 17 y 18 resultados fueron obtenidos a través de un equipo multiparámetro y peachímetro proporcionado por la Universidad Nacional de Tumbes en los meses de diciembre del año 2022 y abril del año 2023.

4.2.2. Resultados obtenidos en laboratorio

4.2.2.1. Resultados de muestras analizadas en laboratorio en periodo seco

Tabla 19.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco - IRHS-008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.22
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	902.00
Calcio	Ca	mg/L	136.00
Magnesio	Mg	mg/L	22.50
Sodio	Na	mg/L	20.00
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	452.00
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 20.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco - IRHS-009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.20
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	925.00
Calcio	Ca	mg/L	132.00
Magnesio	Mg	mg/L	23.00
Sodio	Na	mg/L	18.90
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	392.00
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 21.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco – Estación de bombeo

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.57
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	191.00
Calcio	Ca	mg/L	22.50
Magnesio	Mg	mg/L	3.10
Sodio	Na	mg/L	4.70
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	50.00
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

4.2.2.2. Resultados de muestras analizadas en laboratorio en periodo húmedo

Tabla 22.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo - IRHS-008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.60
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	282.00
Calcio	Ca	mg/L	33.60
Magnesio	Mg	mg/L	7.20
Sodio	Na	mg/L	4.90
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	108.00
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 23.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS-009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.83
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	602.00
Calcio	Ca	mg/L	40.30
Magnesio	Mg	mg/L	16.30
Sodio	Na	mg/L	8.40
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	280.00
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

Tabla 24.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- Estación de bombeo

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.66
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	141.00
Calcio	Ca	mg/L	18.70
Magnesio	Mg	mg/L	3.00
Sodio	Na	mg/L	3.00
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	51.80
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Fuente: Elaboración propia (2023)

Los resultados mostrados en las tablas 19, 20, 21, 22, 23 y 24 fueron proporcionados por el laboratorio SAT (Sociedad de Asesoramiento Técnico) en los meses de muestreo (diciembre del año 2022 y de abril del año 2023).

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN CAMPO Y LABORATORIO

4.3.1. Análisis de los resultados obtenidos en campo

Tabla 25.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco pozo IRHS - 008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permissible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Malo
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Malo

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 13, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 008 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica mayor a 750 micromhos/cm, lo que significa que el recurso hídrico solo puede ser aplicado en el riego de cultivos tolerantes a las sales (se presentan en el anexo 6) y que tengan un adecuado sistema de drenaje.
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de Malo, este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al estar entre a 750 y 2250 mg/L significa que presenta alta salinidad.

Tabla 26.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco pozo IRHS - 009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Malo
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Malo

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 14, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 009 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica mayor a 750 micromhos/cm, lo que significa que el recurso hídrico solo puede ser aplicado en el riego de cultivos tolerantes a las sales (se presentan en el anexo 6) y que tengan un adecuado sistema de drenaje.
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de Malo, este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al estar entre a 750 y 2250 mg/L significa que presenta alta salinidad.

Tabla 27.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo pozo IRHS - 008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Regular
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Regular

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 16, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 008 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica entre 250 a 750 micromhos/cm, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, por lo que es recomendable que sea utilizado en cultivos moderadamente tolerantes (se presentan en el anexo 6).
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de Regular, este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al estar entre 250 a 750 mg/L significa que presenta salinidad media.

Tabla 28.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo pozo IRHS - 009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Regular
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Regular

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 17, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 009 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica entre 250 a 750 micromhos/cm, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, por lo que es recomendable que sea utilizado en cultivos moderadamente tolerantes (se presentan en el anexo 6).
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de Regular, este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al estar entre 250 a 750 mg/L significa que presenta salinidad media.

4.3.2. Análisis de los resultados obtenidos en laboratorio

Tabla 29.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco- IRHS–008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Malo
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Malo
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 19, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 008 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica mayor a 750 micromhos/cm, lo que significa que el recurso hídrico solo puede ser aplicado en el riego de cultivos tolerantes a las sales (se presentan en el anexo 6) y que tengan un adecuado sistema de drenaje.
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación mala, lo que significa que se debe tomar en cuenta su utilización en sistemas de riego tecnificado, debido a que los emisores pueden obstruirse.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 15 de diciembre del año 2022, y de acuerdo a Fernández Yarlequé (2019), el mes de diciembre presenta los menores valores de concentración de plomo en el agua del río Tumbes.

Tabla 30.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco- IRHS–009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Malo
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Malo
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 20, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 009 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación mala, lo que significa que el recurso hídrico solo puede ser aplicado en el riego de cultivos tolerantes a las sales (se presentan en el anexo 6) y que tengan un adecuado sistema de drenaje.
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación mala, lo que significa que se debe tomar en cuenta su utilización en sistemas de riego tecnificado, debido a que los emisores pueden obstruirse.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 15 de diciembre del año 2022, y de acuerdo a Fernández Yarlequé (2019), el mes de diciembre presenta los menores valores de concentración de plomo en el agua del río Tumbes.

Tabla 31.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS-008

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Regular
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Regular
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 22, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 008 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación regular, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, por lo que es recomendable que sea utilizado en cultivos moderadamente tolerantes (se presentan en el anexo 6).
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación regular, lo que significa que se debe puede utilizar en sistemas de riego tecnificado, con un riesgo medio de que los emisores obstruyan.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 20 de abril del año 2023, en periodo de máximas avenidas.

Tabla 32.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo- IRHS-009

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Regular
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Regular
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 23, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del pozo IRHS – 008 presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación regular, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, por lo que es recomendable que sea utilizado en cultivos moderadamente tolerantes (se presentan en el anexo 6).
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación regular, lo que significa que se debe puede utilizar en sistemas de riego tecnificado, con un riesgo medio de que los emisores obstruyan.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 20 de abril del año 2023, en periodo de máximas avenidas.

4.3.3. Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio

4.3.3.1. Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio

Periodo	Pozo	RAS	Relación CO ₃ H/Ca	RAS Ajustado
Seco	IRHS - 008	0.42	1.09	0.63
	IRHS – 009	0.40	0.97	0.58
Húmedo	IRHS - 008	0.20	1.05	0.19
	IRHS – 009	0.28	2.28	0.33

Fuente: Elaboración propia (2023)

El proceso del cálculo se detalla en el anexo 5.

4.3.4. Clasificación del agua subterránea a través del diagrama U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)

De acuerdo al diagrama propuesto por U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) las muestras de agua se clasifican de la siguiente forma:

Periodo	Pozo	RAS Ajustado	Conductividad (μS/cm)	Clasificación
Seco	IRHS - 008	0.63	902	C3-S1
	IRHS – 009	0.58	925	C3-S1
Húmedo	IRHS - 008	0.19	282	C2-S1
	IRHS – 009	0.33	602	C2-S1

Fuente: Elaboración propia (2023)

Se observa que el agua de los Pozos IRHS – 008 y IRHS – 009 varía según su periodo de muestreo, además de que presentan cambios en la conductividad eléctrica siendo mayor en periodo seco que en periodo húmedo.

4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO DEL AGUA SUPERFICIAL (RIO TUMBES)

4.4.1. Análisis de los resultados obtenidos en campo

Tabla 33.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo seco Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Bueno
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 15, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del Río Tumbes en la Estación de Bombeo de la comisión de regantes de Casa Blanqueada presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación de bueno, lo que significa que puede utilizarse para el riego de la mayoría de cultivos en cualquier tipo de suelo.
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de bueno este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al ser menor a 250 mg/L significa que presenta baja salinidad.

Tabla 34.- Análisis de los resultados obtenidos en campo periodo húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Temperatura (°C)	°T	°C	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Bueno
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 18, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del Río Tumbes en la Estación de Bombeo de la comisión de regantes de Casa Blanqueada presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir que no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de temperatura no varía más de 3 °C con respecto a la temperatura promedio mensual multianual.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación de bueno, lo que significa que puede utilizarse para el riego de la mayoría de cultivos en cualquier tipo de suelo.
- Valores de sólidos disueltos totales con una clasificación de bueno este parámetro, según Nakayama, (1982), está directamente relacionado con la conductividad eléctrica, por lo que, al ser menor a 250 mg/L significa que presenta baja salinidad.

4.4.2. Análisis de los resultados obtenidos en laboratorio

Tabla 35.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo seco Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Bueno
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 21, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del Río Tumbes en la Estación de Bombeo de la comisión de regantes de Casa Blanqueada presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación buena, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse para el riego en la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo.
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación regular, lo que significa que se debe puede utilizar en sistemas de riego tecnificado, con un riesgo medio de que los emisores obstruyan.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 20 de abril del año 2023, en periodo de máximas avenidas.

Tabla 36.- Resultados obtenidos en laboratorio en periodo húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Fuente bibliográfica	Clasificación
pH	pH	Unidad de pH	(Nakayama, 1982)	Regular
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	(Pérez Melián, 1978)	Bueno
Sodio	Na	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	(Nakayama, 1982)	Bueno
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	DS N°004-2017-MINAM	Dentro del Rango Permisible

Fuente: Elaboración propia (2023)

Según los valores de los parámetros obtenidos en los resultados de la tabla 24, los resultados obtenidos en campo de la calidad de agua del Río Tumbes en la Estación de Bombeo de la comisión de regantes de Casa Blanqueada presenta la siguiente clasificación:

- Valores de pH con una clasificación regular, es decir, no es recomendable para cultivos susceptibles a condiciones básicas de suelo.
- Valores de Conductividad eléctrica con una clasificación buena, lo que significa que el recurso hídrico puede utilizarse para el riego en la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo.
- Valores de sodio con una clasificación de bueno, esto significa que el mismo no representa un agente tóxico para los cultivos en la absorción de nutrientes.
- Valores de bicarbonatos con una clasificación regular, lo que significa que se debe puede utilizar en sistemas de riego tecnificado, con un riesgo medio de que los emisores obstruyan.
- Valores de Plomo, dentro de los rangos permisibles establecidos por el MINAM (DS N°004-2017-MINAM), cabe mencionar que la muestra fue extraída en la fecha 20 de abril del año 2023, en periodo de máximas avenidas.

4.4.3. Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio

4.4.3.1. Cálculo de la Relación de Absorción de Sodio

Tabla 37.- Resultados del RAS obtenido en periodo seco y húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)

Periodo	RAS	Relación CO ₃ H/Ca	RAS Ajustado
Seco	0.25	0.73	0.18
Húmedo	0.17	0.91	0.12

Fuente: Elaboración propia (2023)

El proceso del cálculo se detalla en el anexo 5.

4.4.3.2. Clasificación del agua subterránea a través del diagrama U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)

De acuerdo al diagrama propuesto por U.S. Salinity Laboratory Staff (1954) las muestras de agua se clasifican de la siguiente forma:

Tabla 38.- Clasificación de la calidad del agua de riego en periodo seco y húmedo Estación de bombeo (Río Tumbes)

Periodo	RAS Ajustado	Conductividad (μS/cm)	Clasificación
Seco	0.18	191	C1-S1
Húmedo	0.12	141	C1-S1

Fuente: Elaboración propia (2023)

Se observa que la calidad de agua del Río Tumbes en la Estación de Bombeo de la comisión de regantes de Casa Blanqueada no varía según su periodo de muestreo, por lo que la clasificación C1-S1 prevalece en ambos periodos de muestreo.

4.5. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA CON LA DEL RÍO TUMBES

4.5.1. Comparativa de los resultados obtenidos en periodo seco

Tabla 39.- Comparativa de los resultados obtenidos en periodo seco

Periodo	Clasificación	Descripción	Descripción
		Conductividad eléctrica (C)	Sodio (RAS)
IRHS - 008	C3-S1	Clase C3: Agua con alta salinidad. Puede utilizarse en el riego de cultivos tolerantes a las sales y en suelos con adecuado drenaje y en muchos casos se completa con el empleo de prácticas de control de la salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
IRHS - 009	C3-S1	Clase C3: Agua con alta salinidad. Puede utilizarse en el riego de cultivos tolerantes a las sales y en suelos con adecuado drenaje y en muchos casos se completa con el empleo de prácticas de control de la salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
Estación de Bombeo	C1-S1	Clase C1: Agua de baja salinidad. Puede utilizarse para el riego en la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo. Se tiene poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Fuente: Elaboración propia (2023)

Fuente: Fuente: Vasquez V. et al. (2017)

4.5.2. Comparativa de los resultados obtenidos en periodo húmedo.

Tabla 40.- Comparativa de los resultados obtenidos en periodo húmedo

Periodo	Clasificación	Descripción	Descripción
		Conductividad eléctrica (C)	Sodio (RAS)
IRHS - 008	C2-S1	Clase C2: Agua de salinidad media. Puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, las plantas moderadamente tolerantes a las sales pueden producir adecuadamente en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas de control de salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
IRHS - 009	C2-S1	Clase C2: Agua de salinidad media. Puede utilizarse, siempre y cuando haya un cierto grado de lavado, las plantas moderadamente tolerantes a las sales pueden producir adecuadamente en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas de control de salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
Estación de Bombeo	C1-S1	Clase C1: Agua de baja salinidad. Puede utilizarse para el riego en la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo. Se tiene poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.	Clase S1: Agua baja en sodio. Puede utilizarse para riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

Fuente: Elaboración propia (2023)

Fuente: Fuente: Vasquez V. et al. (2017)

V. CONCLUSIONES

- Los pozos del subsector hidráulico Casa Blanqueada son pozos anillados, que son explotados con fines de riego y poblacional, ambos captan el recurso hídrico del acuífero libre con equipos de bombeo. El nivel freático varía de acuerdo al periodo de muestreo, en este caso en el periodo húmedo el nivel freático fue menor que en el periodo seco, además que se determinó que el nivel freático del pozo IRHS – 008 ubicado en el sector “El Zapata” es mayor que en el pozo IRHS – 009 ubicado en el sector “El Alto Carrillo”, por lo que se puede concluir que el pozo IRHS – 009 tiene mayor altura piezométrica que el pozo IRHS – 008.
- La calidad del recurso hídrico del pozo IRHS – 008 fue clasificada, según U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), como C3-S1 en periodo seco y C2-S1 en periodo húmedo, y para el pozo IRHS – 009 fue clasificada como como C3-S1 en periodo seco y C2-S1 en periodo húmedo, por lo tanto, la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico de Casa Blanqueada es de agua con alta salinidad y baja en sodio en periodo seco, y agua con salinidad media y baja en sodio en periodo húmedo. Además, los cultivos de Limón (citrus limón), banano (musa paradisiaca) son cultivos sensibles la salinidad, por lo tanto, no se deben regar con el recurso hídrico de los pozos IRHS – 008 e IRHS – 009.
- La calidad del recurso hídrico del río Tumbes fue clasificada, según U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), como C1-S1 en periodo seco y C1-S1 en periodo húmedo, por lo tanto, la calidad del agua subterránea con fines de riego del río Tumbes en la estación de bombeo de la comisión de usuarios del agua de Casa Blanqueada es de agua con baja salinidad y baja en sodio en periodo seco, y agua con baja salinidad y baja en sodio en periodo húmedo.
- Acorde a los parámetros determinados en el muestreo, el agua del río Tumbes presenta mejor calidad con fines de riego en comparación con los pozos IRHS – 008 e IRHS – 009 analizando los parámetros de pH, Conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, sodio, bicarbonatos y RAS tanto en periodo seco como en periodo húmedo. Teniendo en cuenta que la concentración de plomo, tanto para las muestras extraídas en el Río Tumbes, y las extraídas en los pozos fue menor a 0.004 mg/L en los meses de diciembre y abril.

VI. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda en posteriores estudios, establecer una red de monitoreo a fin de determinar la variación del nivel freático de forma mensual y construir mapas de nivel freático.
- Debido a la clasificación de la calidad del agua de los pozos IRHS – 008 e IRHS – 009 se recomienda utilizar en el riego de cultivos tolerantes a las sales y en suelos con adecuado drenaje en periodo seco, y cultivos moderadamente tolerantes en periodo húmedo.
- Se recomienda realizar el muestreo del agua superficial en todos los meses del año a fin de determinar y analizar las variaciones de concentración de plomo mensualizado.
- Se recomienda utilizar el agua subterránea del sub sector hidráulico Casa Blanqueada en el riego de parcelas agrícolas con buen drenaje y con cultivos tolerantes a las sales. En caso de que se plantee instalar sistemas de riego tecnificado, es recomendable la aplicación de ácidos para evitar la obstrucción de los emisores.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

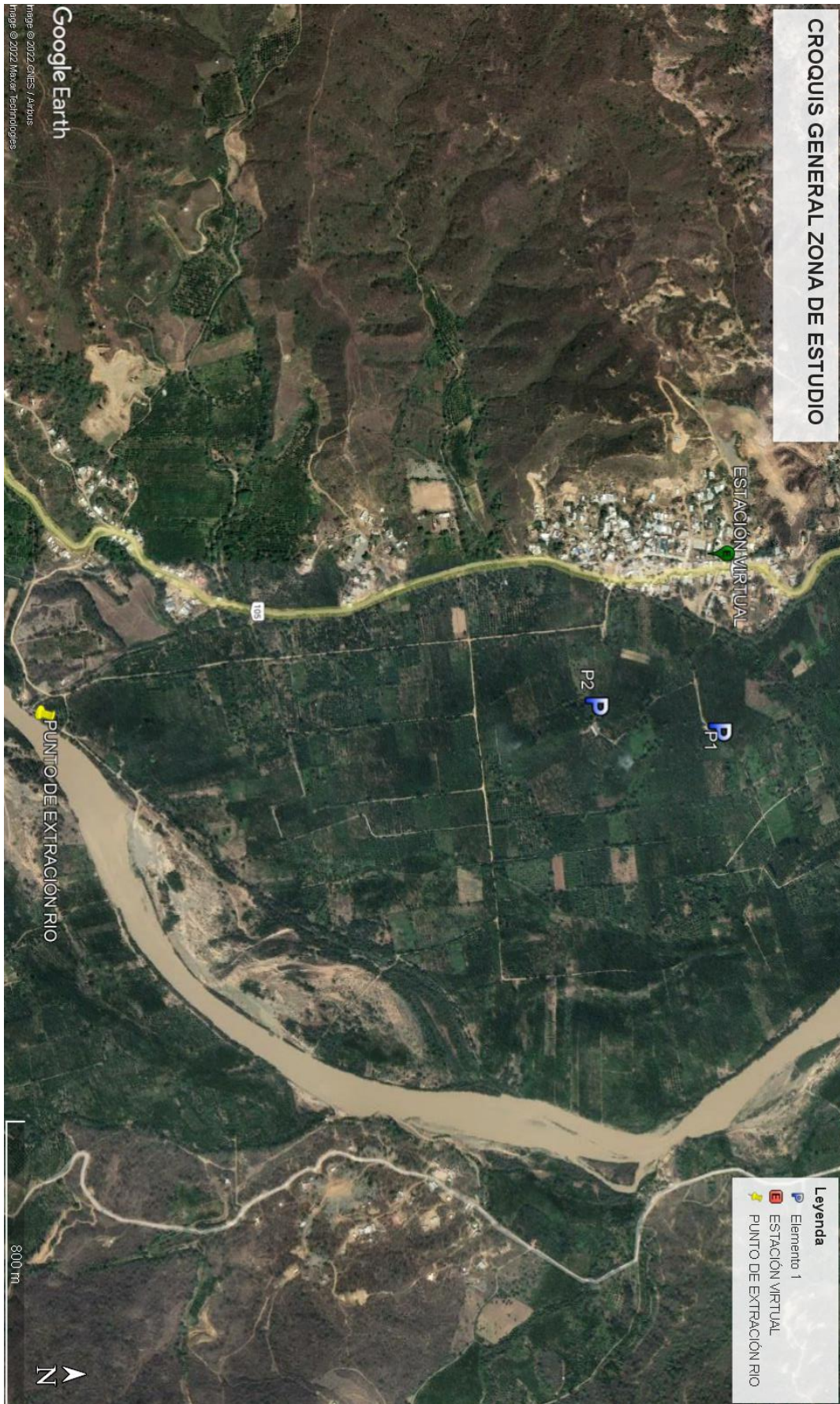
- Agurto Maceda, M. E. (2020). *Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad Loma Saavedra, distrito Aguas Verdes - Zarumilla - Tumbes - 2020*. Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes.
- Alfaro Arrieta, J. E., & Omar Dengo, C. (2019). *Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago Costa Rica*. Heredia: Universidad Nacional de Costa Rica.
- ANA. (s.f.). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de <https://www.ana.gob.pe/contenido/la-autoridad-nacional-del-agua>
- Ayres, R., & Wescot, D. (1985). *Water quality for Agriculture*. FAO.
- Carrasco, M., Otiniano, A., Becerra, I., Huaripata, M., Ortiz, J., & Andrade, J. (2022). *Inspección técnica de línea base geoambiental de la cuenca del río Puyango-Tumbes (lado peruano)*. Tumbes: INGEMMET.
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de la investigación Científica - Pautas Metodológicas para Diseñar y Elaborar el Proyecto de Investigación*. Lima - Perú: Editorial San Marcos.
- Castillo Vereau, D. E., Tuesta Collantes, L., & Salazar Saldaña, S. E. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por Covid-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *TELOS*, 219-234.
- Díaz Alegría, P. (2018). *Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de la quebrada Chupishiña, distrito de Rumisapa, provincia de Lamas y región San Martín*. Tarapoto: Universidad Peruana Unión.
- Embid Irujo, A. (1999). *Libro Blanco del Agua en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente.
- FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <https://www.fao.org/home/es>

- Fernández Yarlequé, J. (2019). *Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, As y Cianuro (CN-), en el naciente río Binacional Puyango - Tumbes (Perú - Ecuador)*. Trujillo: Tesis Universidad Nacional de Trujillo.
- Gamarra Cordova, P. A., & Gamarra Osco, N. (Lima de 2021). *Universidad César Vallejo*. Obtenido de Contaminación de la cuenca transfronteriza Puyango - Tumbes y repercusión en la vulneración del Derecho a la salud, Departamento de Tumbes, 2021: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74095>
- García Valarezo, D., Apolo Vivanco, N., & Bermeo Pacheco, J. (2019). Evaluación económica del sector agropecuario e industrial en el Ecuador 1980 - 2015. *ECA Sinergia*, 116 - 128.
- Kushwaha, A., Hans, N., Kumar, S., & Rani, R. (2018). A critical review on speciation, mobilization and toxicity of lead in soil-microbe-plant system and bioremediation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147, 1035-1045.
- L. E., A., J. W., B., H. E., H., L. A., R., L., B., Fireman, M., . . . R. C., R. (1982). *Suelos Salinos y Sódicos*. México D. F.: Editorial LIMUSA, S. A.
- Lenntech, B. (1998-2019). *Propiedades de los elementos químicos del arsénico, Plomo, Efectos con la Salud y el Medio ambiente*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/as.htm>
- Mancilla-Villa, O. R., Anzaldo-Cortes, B. N., Guevara-Gutiérrez, R. D., Hernández-Vargas, O., Palomera-García, C., Figueroa-González, Y., . . . Mendoza-Saldivar, I. (2020). Calidad del agua subterránea para uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México. *TERRA LATINOAMERICANA*, 1-12.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (1987). *Principios de nutrición vegetal*. Basel: International Potash Institute.
- MINAM. (2017). *DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM*. Lima: El Peruano.

- Moliner Aramendia, A., & Masaguer Rodriguez, A. (1996). *Prácticas agrarias compatibles con el medio natural*. Madrid: Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- Nakayama, F. (1982). Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. *Irrigation Association Conference*, 21-24.
- ONU. (s.f.). *Paz, dignidad e igualdad en un planeta sano*. Obtenido de <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Aguas subterráneas - acuíferos*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Pérez Melián, G. (04 de 1978). *Química agrícola: Interpretación de un análisis de agua de riego*. Obtenido de <https://mdc.ulpgc.es/u/?xoba,91>
- Puño Lecarnaqué, N. (2016). Plan de manejo ambiental del recurso hídrico de la cuenca del río Puyango Tumbes. *Manglar*, 53-61.
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Silva Talledo, M. V. (2019). *Investigación Hidrogeológica para el aprovechamiento de agua subterránea en el predio Inkaterra, distrito de El Alto, provincia de Talara y Departamento de Piura - Perú*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Agricultural Handbook No. 60. U.S. Government Printing Office.
- Vásquez V., A., Vásquez R., I., Vásquez R., C., & Cañamero K., M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Vilela Pincay, W., Espinosa Encarnación, M., & Bravo Gonzáles, A. (2020). La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estudios de la Gestión*, 215-233.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.- Croquis General de la Zona de Estudio



Anexo 2.- Matriz de consistencia

Título	Planteamiento del problema	Objetivo General y Específicos	Hipótesis General y Específicas	Variables e Indicadores	Diseño de investigación	Métodos y técnicas de investigación	Población y muestra del estudio
"Análisis de la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada, Tumbes - 2022"	¿El análisis de la calidad del agua subterránea permite el aprovechamiento del recurso hídrico con fines de riego?	1. Objetivo general	1. Hipótesis General	1. Variables	Tipo de Diseño:	1. Métodos	1. Población
		Determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego en el subsector hidráulico Casa Blanqueada.	La evaluación de los indicadores que determinan la calidad de agua subterránea permite aprovecharla para riego agrícola en el subsector hidráulico Casa Blanqueada.	Variable Independiente: - Calidad del agua Indicador: - Parámetros físico-químicos	No experimental - Transeccional - Descriptivo	Estudio descriptivo	La población será la cantidad de pozos del subsector hidráulico Casa Blanqueada.
		2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específicas				
		Realizar el diagnóstico de los pozos del subsector hidráulico de Casa Blanqueada.	El diagnóstico de los pozos en el subsector hidráulico de Casa Blanqueada permite conocer las características del sistema de captación del recurso hídrico subterráneo, así como la variación del nivel freático en periodo húmedo y seco.	Variable dependiente: - Aprovechamiento para riego Indicador: - Capacidad de riego		2. Técnicas de investigación	2. Muestra del Estudio
		Determinar la calidad del agua subterránea con fines de riego en los sectores agrícolas "El Zapata" y "El Alto Carrillo", ubicados en el subsector hidráulico Casa Blanqueada, a partir de los resultados obtenidos.	La calidad del agua subterránea con fines de riego en los sectores agrícolas "El Zapata" y "El Alto Carrillo" en el subsector hidráulico Casa Blanqueada es óptima para su aprovechamiento con fines de riego.			Análisis instrumental (Documentos escritos)	No probabilística intencionada
		Determinar la calidad del agua con fines de riego del río Tumbes a partir de los resultados obtenidos.	La calidad del agua del río Tumbes en el subsector hidráulico Casa Blanqueada es óptima para su aprovechamiento con fines de riego.				La muestra está representada por los pozos IRHS – 008 y IRHS – 009, ubicados en los sectores "El Alto Carrillo" y "El Zapata" del sub sector hidráulico de Casa Blanqueada, y del río Tumbes.
		Comparar los resultados obtenidos de las muestras de las aguas subterráneas y del río Tumbes en periodo seco y periodo húmedo.	El recurso hídrico subterráneo presenta mejores condiciones en periodo seco y húmedo, en cuestión de calidad de agua para riego, que el procedente al río Tumbes.			Técnica de la observación (Equipos o instrumentos de medición)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pozo sector "El Zapata" ▪ Pozo sector "El Alto Carrillo" ▪ Punto de captación "Estación bombeo –comisión de regantes Casa Blanqueada"

Anexo 3.- Data de trabajo topográfico

PUNTOS	VISTA ATRÁS	ALTURA DEL INSTRUMENTO	VISTA ADELANTE	COTA (MSNM)
PG-22	0.964	27.748		26.784
	0.528	26.435	1.841	25.907
	0.87	24.655	2.65	23.785
	1.04	23.606	2.089	22.566
	0.741	22.387	1.96	21.646
BN-01			1.5	20.887
BN-01	1.368	22.255		20.887
	1.52	22.205	1.57	20.685
Pozo - 01			1.27	20.935
BN-01	1.679	22.566		20.887
	1.451	22.866	1.151	21.415
	1.761	23.267	1.36	21.506
	1.761	23.197	1.831	21.436
BN-02			1.379	21.818
BN-02	1.821	23.639		21.818
	1.193	23.165	1.667	21.972
	1.411	23.357	1.219	21.946
Pozo - 02			0.935	22.422

Fuente: Elaboración propia (2023)

Anexo 4.- Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)

Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)
POZO N°01 PERIODO SECO

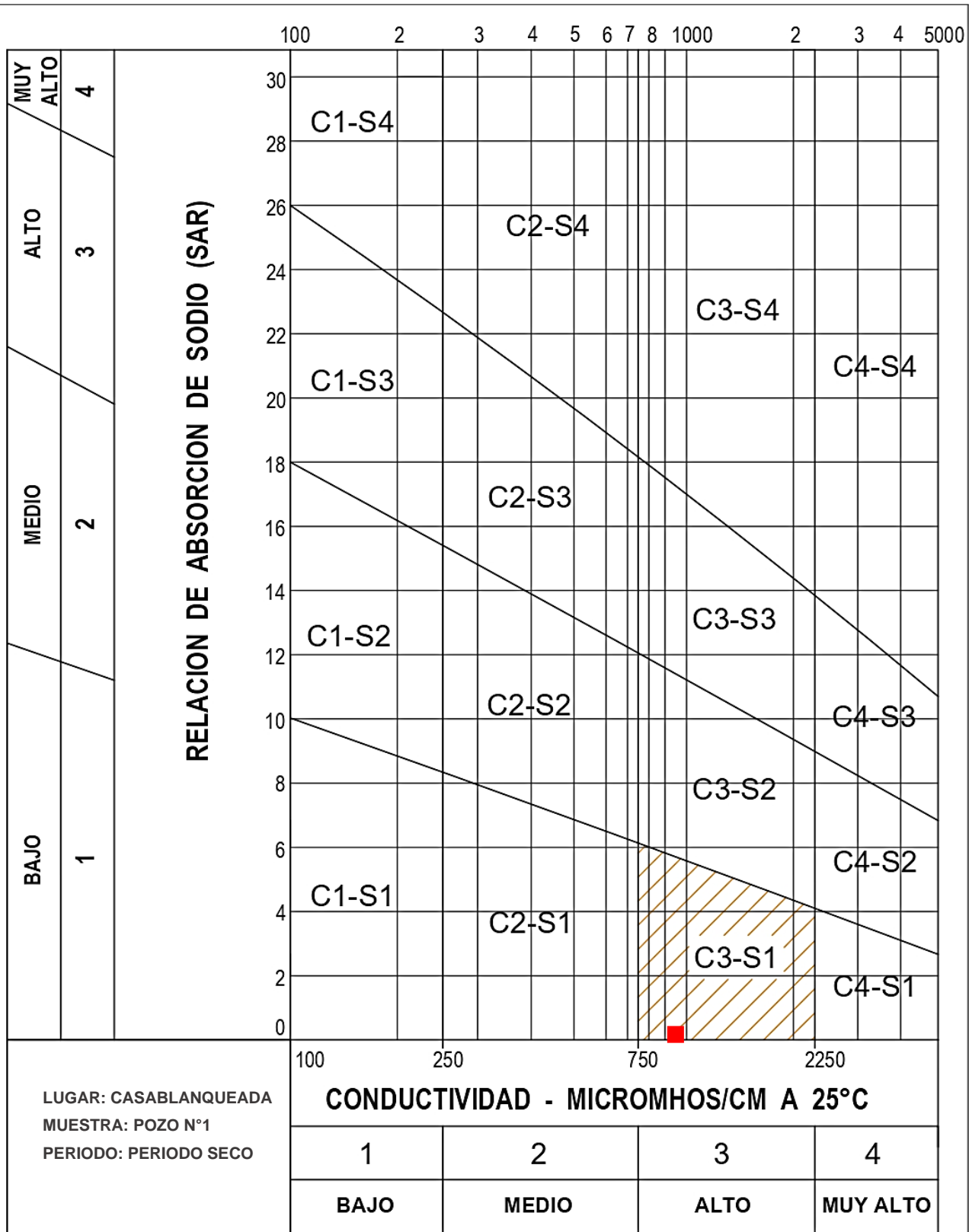
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.22
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	902
Calcio	Ca	mg/L	136
Magnesio	Mg	mg/L	22.5
Sodio	Na	mg/L	20
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	452
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	136.00	6.80
Magnesio	Mg	mg/L	22.50	1.85
Sodio	Na	mg/L	20.00	0.87
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	452.00	7.41

Parámetros	Símbolo	Resultados (μS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	902.000	0.902

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)					
	0.3	0.50	0.7	0.902	1	1.5
0.05	13.900	14.400	14.800	15.137	15.300	15.900
0.1	8.800	9.100	9.300	9.502	9.600	10.000
0.2	5.500	5.700	5.900	6.035	6.100	6.300
0.3	4.200	4.400	4.500	4.567	4.600	4.800
0.4	3.500	3.600	3.700	3.767	3.800	4.000
0.5	3.000	3.100	3.200	3.267	3.300	3.400
1	1.900	2.000	2.000	2.067	2.100	2.200
1.09	1.837	1.928	1.937	1.999	2.028	2.128
2	1.200	1.200	1.300	1.300	1.300	1.400
3	0.900	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000
4	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.900
5	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700	0.700

RAS	0.42
RELACION HCO3/CA	1.09
RAS AJUSTADO	0.63



Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)
POZO N°02 PERIODO SECO

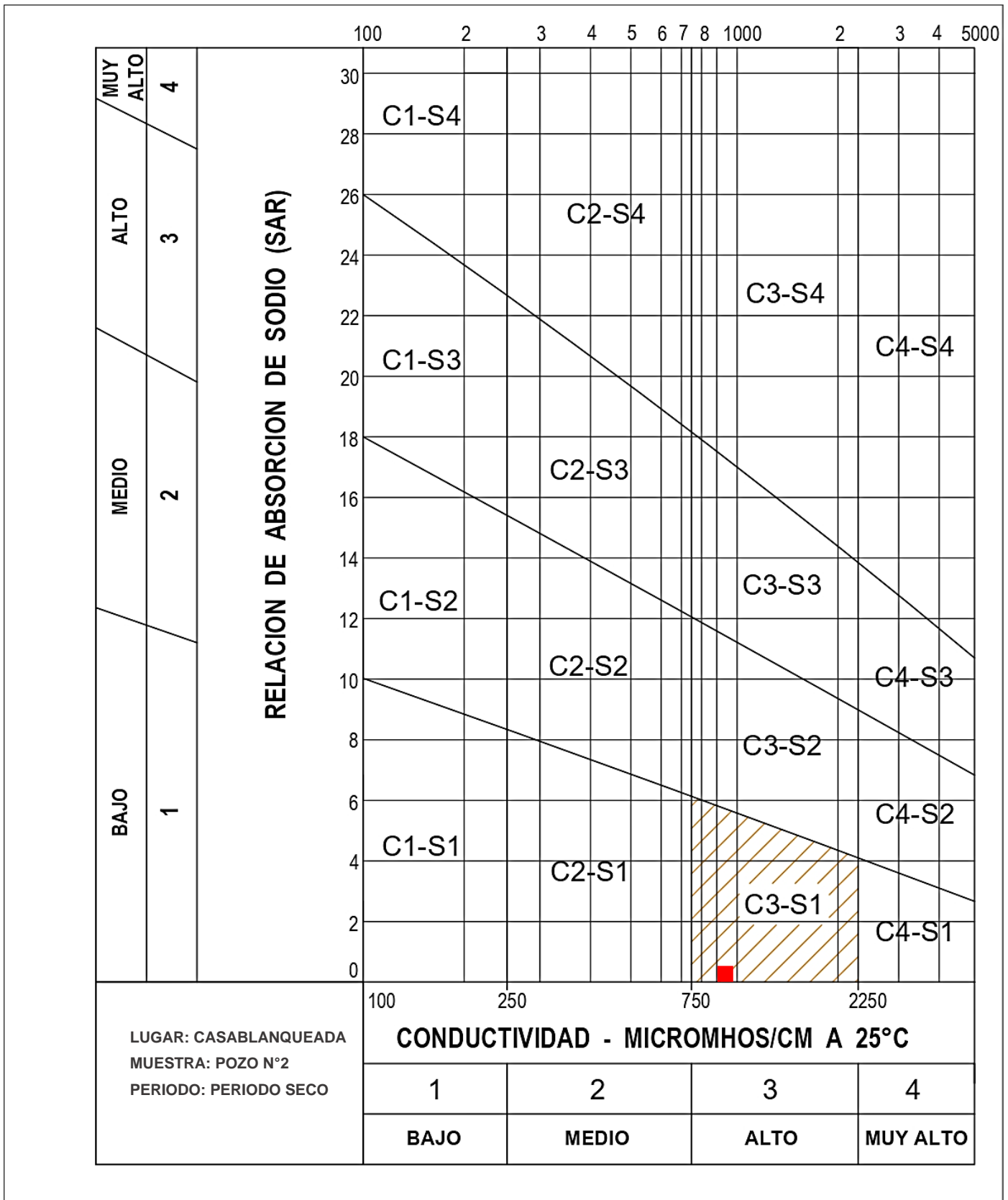
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.2
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	925
Calcio	Ca	mg/L	132
Magnesio	Mg	mg/L	23
Sodio	Na	mg/L	18.9
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	392
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	132.00	6.60
Magnesio	Mg	mg/L	23.00	1.89
Sodio	Na	mg/L	18.90	0.82
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	392.00	6.43

Parámetros	Símbolo	Resultados (μS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	925.000	0.925

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)					
	0.1	0.70	0.925	1	3	4
0.05	13.200	14.800	15.175	15.300	17.300	18.000
0.1	8.300	9.300	9.525	9.600	10.900	11.300
0.2	5.200	5.900	6.050	6.100	6.900	7.100
0.3	4.000	4.500	4.575	4.600	5.200	5.400
0.4	3.300	3.700	3.775	3.800	4.300	4.500
0.5	2.800	3.300	3.300	3.300	3.700	3.900
0.974	1.853	2.068	2.140	2.163	2.468	2.574
1.00	1.800	2.000	2.075	2.100	2.400	2.500
2	1.100	1.300	1.300	1.300	1.500	1.500
3	0.900	1.000	1.000	1.000	1.100	1.200
4	0.700	0.800	0.800	0.800	0.900	1.000
5	0.600	0.700	0.700	0.700	0.800	0.800

RAS	0.40
RELACION HCO3/CA	0.97
RAS AJUSTADO	0.58



**Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)
ESTACIÓN DE BOMBEO (RIO TUMBES) PERIODO SECO**

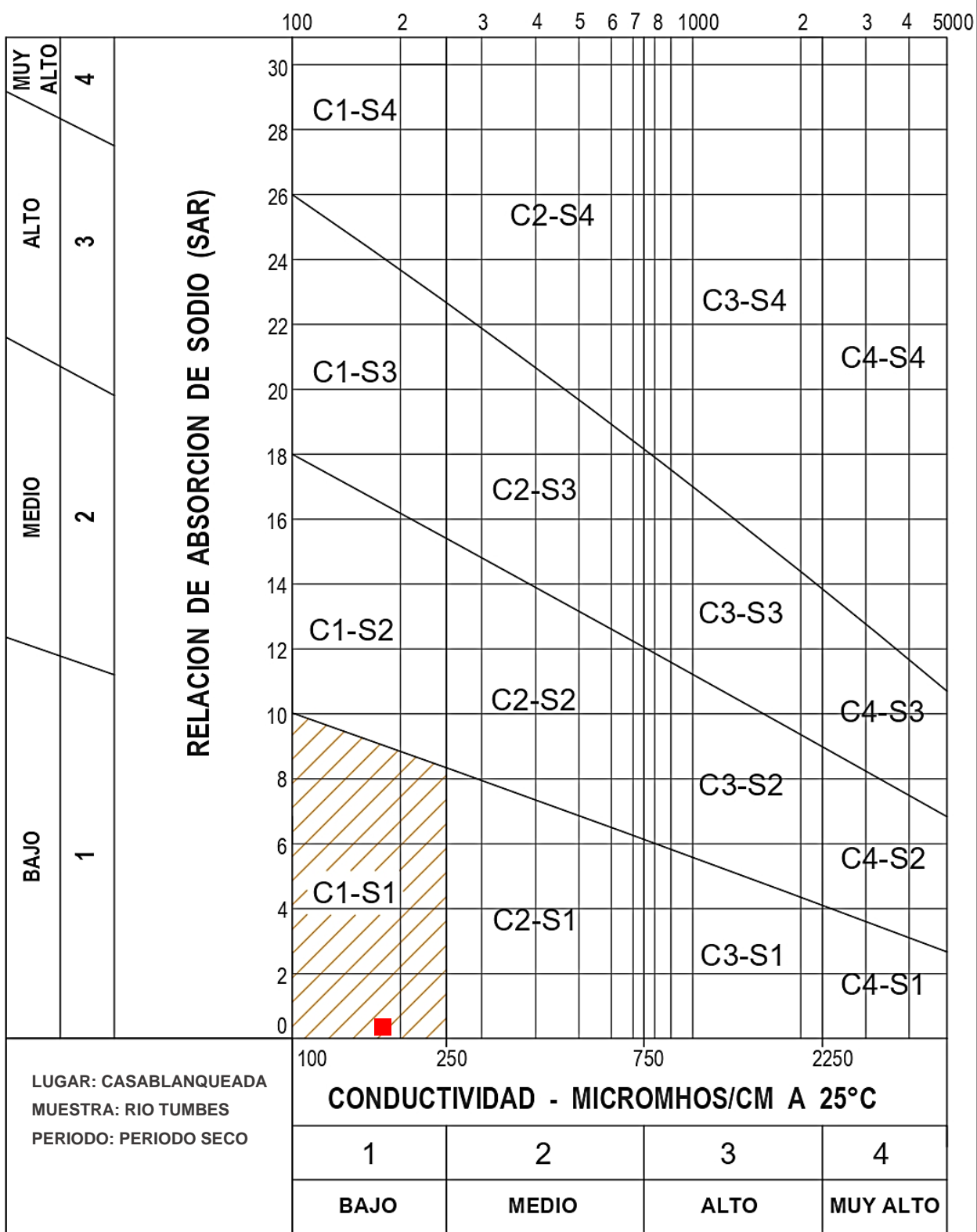
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.57
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	191
Calcio	Ca	mg/L	22.5
Magnesio	Mg	mg/L	3.1
Sodio	Na	mg/L	4.7
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	50
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	22.50	1.13
Magnesio	Mg	mg/L	3.10	0.25
Sodio	Na	mg/L	4.70	0.20
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	50.00	0.82

Parámetros	Símbolo	Resultados (μS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	191.000	0.191

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)					
	0.1	0.19	0.3	0.5	0.7	1
0,05	13.200	13.519	13.900	14,40	14.800	15.300
0,10	8.300	8.528	8.800	9,10	9.300	9.600
0,20	5.200	5.337	5.500	5,70	5.900	6.100
0,30	4.000	4.091	4.200	4,40	4.500	4.600
0,40	3.300	3.391	3.500	3,60	3.700	3.800
0.5	2.800	2.891	3.000	3.100	3.200	3.300
0.729	2.343	2.413	2.497	2.597	2.651	2.751
1.00	1.800	1.846	1.900	2.000	2.000	2.100
2	1.100	1.146	1.200	1.200	1.300	1.300
3,00	0.900	0.900	0.900	0,90	1.000	1.000
4,00	0.700	0.746	0.800	0,80	0.800	0.800
5,00	0.600	0.646	0.700	0,70	0.700	0.700

RAS	0.25
RELACION HCO3/CA	0.73
RAS AJUSTADO	0.18



Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)
POZO N°01 PERIODO HUMEDO

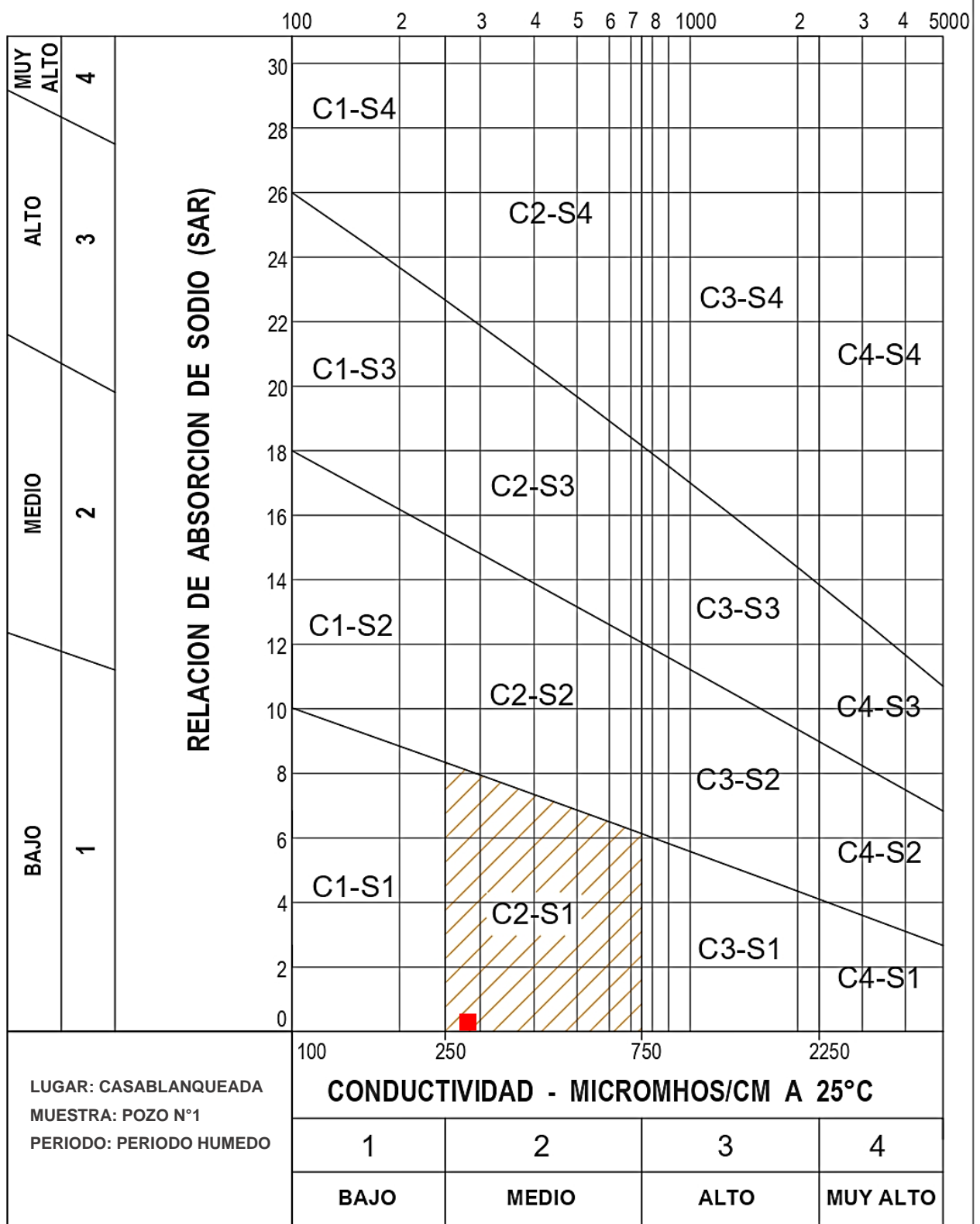
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.6
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	282
Calcio	Ca	mg/L	33.6
Magnesio	Mg	mg/L	7.2
Sodio	Na	mg/L	4.9
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	108
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	33.60	1.68
Magnesio	Mg	mg/L	7.20	0.59
Sodio	Na	mg/L	4.90	0.21
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	108.00	1.77

Parámetros	Símbolo	Resultados (μS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	282.000	0.282

Relación	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)				
	0.1	0.28	0.3	0.5	0.7
HCO ₃ /Ca					
0.05	13.2	13.84	13.9	14.4	14.8
0.1	8.3	8.76	8.8	9.1	9.3
0.2	5.2	5.47	5.5	5.7	5.9
0.3	4	4.18	4.2	4.4	4.5
0.4	3.3	3.48	3.5	3.6	3.7
0.5	2.8	2.98	3	3.1	3.2
1	1.8	1.89	1.9	2	2
1.05	1.76	1.85	1.86	1.96	1.96
2	1.1	1.19	1.2	1.2	1.3
3	0.9	0.90	0.9	0.9	1
4	0.7	0.79	0.8	0.8	0.8
5	0.6	0.69	0.7	0.7	0.7

RAS	0.20
RELACION HCO3/CA	1.05
RAS AJUSTADO	0.19



Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)
POZO N°02 PERIODO HUMEDO

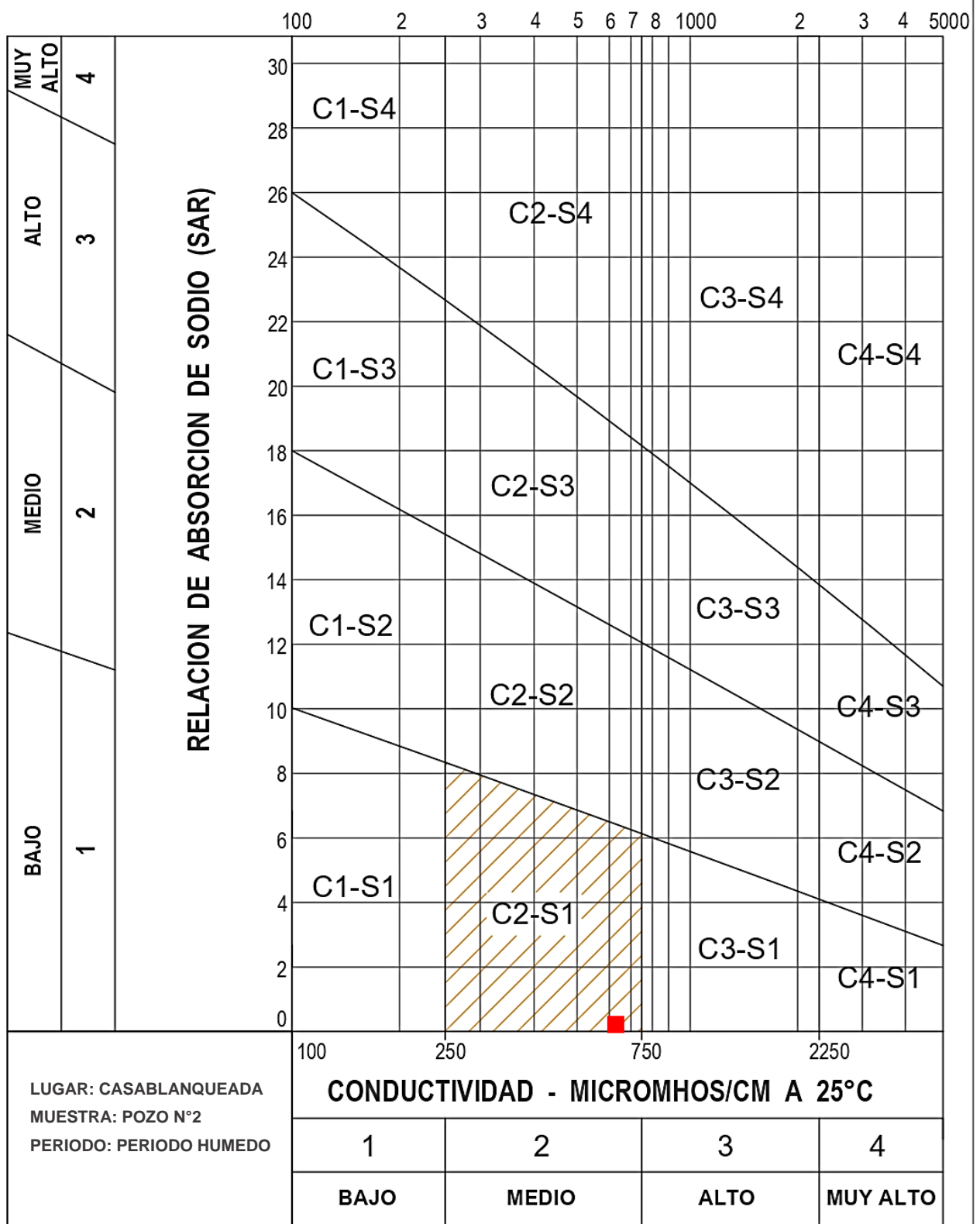
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.83
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	602
Calcio	Ca	mg/L	40.3
Magnesio	Mg	mg/L	16.3
Sodio	Na	mg/L	8.4
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	280
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	40.30	2.02
Magnesio	Mg	mg/L	16.30	1.34
Sodio	Na	mg/L	8.40	0.37
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	280.00	4.59

Parámetros	Símbolo	Resultados (µS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	602.000	0.602

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)				
	0.1	0.50	0.602	0.7	1
0.050	13.200	14.400	14.604	14.800	15.300
0.100	8.300	9.100	9.202	9.300	9.600
0.200	5.200	5.700	5.802	5.900	6.100
0.300	4.000	4.400	4.451	4.500	4.600
0.400	3.300	3.600	3.651	3.700	3.800
0.500	2.800	3.100	3.202	3.300	3.300
1.000	1.800	2.000	2.000	2.000	2.100
2.000	1.100	1.200	1.251	1.300	1.300
2.278	1.044	1.117	1.168	1.217	1.217
3.000	0.900	0.900	0.951	1.000	1.000
4.000	0.700	0.800	0.800	0.800	0.800
5.000	0.600	0.700	0.700	0.700	0.700

RAS	0.28
RELACION HCO3/CA	2.28
RAS AJUSTADO	0.33



Cálculo de parámetros de Conductividad Eléctrica (CE) y Relación de Absorción de Sodio (RAS)

ESTACIÓN DE BOMBEO (RIO TUMBES) PERIODO HUMEDO

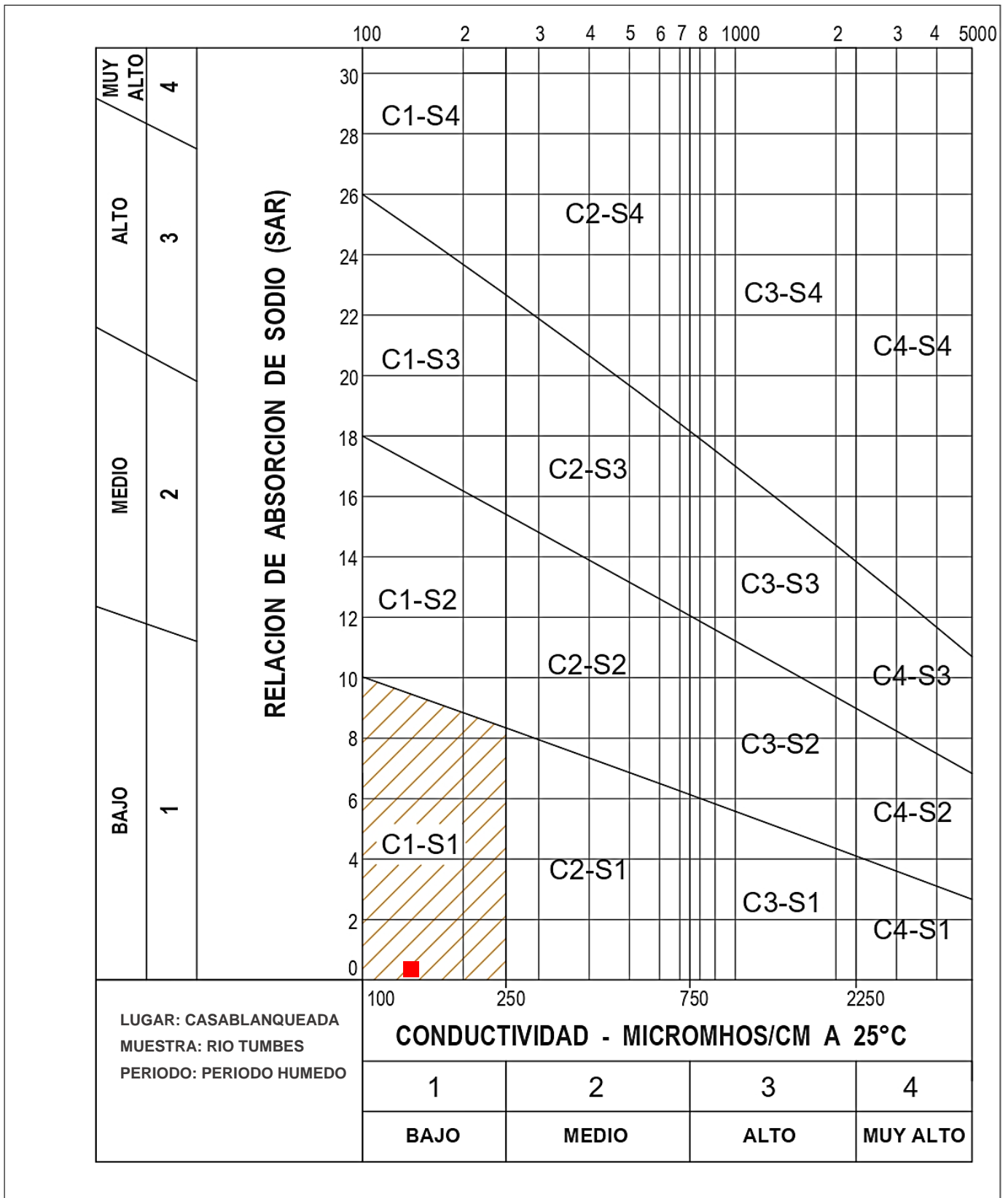
Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados
pH	pH	Unidad de pH	7.66
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	141
Calcio	Ca	mg/L	18.7
Magnesio	Mg	mg/L	3
Sodio	Na	mg/L	3
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	51.8
Plomo (Límite de detección =0.004)	Pb	mg/L	<0.004

Parámetros	Símbolo	Unidad de medida	Resultados	mEq/L
Calcio	Ca	mg/L	18.70	0.94
Magnesio	Mg	mg/L	3.00	0.25
Sodio	Na	mg/L	3.00	0.13
Bicarbonatos	CO ₃ H	mg/L	51.80	0.85

Parámetros	Símbolo	Resultados (µS/cm)	Resultados (dS/m)
Conductividad eléctrica	CE	141.000	0.141

Relación HCO ₃ /Ca	Salinidad del agua aplicada al suelo CE (dS/m)					
	0.1	0.14	0.3	0.5	0.7	1
0.050	13.200	13.344	13.900	14.400	14.800	15.300
0.100	8.300	8.403	8.800	9.100	9.300	9.600
0.200	5.200	5.262	5.500	5.700	5.900	6.100
0.300	4.000	4.041	4.200	4.400	4.500	4.600
0.400	3.300	3.341	3.500	3.600	3.700	3.800
0.500	2.800	2.841	3.000	3.100	3.200	3.300
0.908	1.984	2.008	2.102	2.202	2.220	2.320
1.000	1.800	1.821	1.900	2.000	2.000	2.100
2.000	1.100	1.121	1.200	1.200	1.300	1.300
3.000	0.900	0.900	0.900	0.900	1.000	1.000
4.000	0.700	0.721	0.800	0.800	0.800	0.800
5.000	0.600	0.621	0.700	0.700	0.700	0.700

RAS	0.17
RELACION HCO3/CA	0.91
RAS AJUSTADO	0.12



Anexo 5.-Temperatura promedio mensual multianual

Año	TEMPERATURA PROMEDIO											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	26.6	26.8	27.0	26.5	25.5	24.2	23.6	23.4	24.8	25.5	26.2	26.3
1982	26.7	26.8	26.8	26.0	25.9	25.1	24.8	24.1	25.6	27.1	26.9	28.0
1983	28.1	27.8	28.1	27.8	28.1	26.1	26.6	25.7	25.8	26.3	26.9	26.4
1984	26.5	26.4	26.4	26.2	25.4	24.5	23.8	23.5	24.5	25.5	25.6	26.3
1985	26.4	26.5	26.7	25.7	24.6	24.0	23.1	23.0	24.4	25.1	25.6	26.0
1986	26.9	26.6	26.5	26.3	25.7	23.5	23.7	24.2	25.1	25.6	26.7	26.4
1987	27.6	27.7	28.0	27.8	26.7	25.6	25.2	24.9	25.8	26.3	26.7	26.9
1988	27.3	27.5	26.8	26.6	26.4	24.0	23.6	23.5	24.5	25.2	26.0	26.0
1989	26.9	26.5	26.7	26.0	25.0	23.9	23.3	23.6	24.5	25.5	26.2	25.8
1990	26.9	27.1	27.5	26.8	26.2	25.1	23.8	23.7	24.6	25.4	26.1	26.2
1991	27.3	27.5	27.6	27.0	27.0	25.3	24.2	24.1	24.9	25.7	26.6	27.2
1992	27.7	27.6	27.7	27.6	27.2	25.6	24.3	24.2	24.8	26.0	26.4	26.0
1993	27.2	27.2	27.0	27.0	26.8	25.8	25.1	24.4	25.4	26.0	26.0	26.5
1994	27.2	26.8	26.7	26.6	26.2	24.4	23.6	23.3	24.8	25.8	26.6	26.8
1995	27.7	27.2	27.1	26.6	26.1	25.1	24.5	23.9	25.1	25.5	26.3	25.8
1996	26.7	27.0	27.1	25.9	25.5	23.4	22.7	23.0	24.2	24.8	25.5	25.9
1997	26.5	26.9	27.6	27.1	27.8	26.8	27.3	27.2	26.3	27.7	27.1	28.2
1998	28.2	28.0	28.1	27.8	27.7	26.6	25.9	24.9	25.7	25.9	26.4	25.8
1999	26.6	26.7	26.8	26.1	25.1	24.2	23.5	23.3	24.7	25.8	26.1	26.0
2000	26.3	26.4	26.3	26.2	25.7	24.3	23.6	24.0	25.0	25.5	25.2	26.2
2001	26.6	26.9	26.7	26.4	25.1	23.3	23.2	23.3	24.1	24.6	25.8	26.0
2002	27.0	27.1	27.7	26.9	26.6	24.6	24.2	23.8	24.9	26.1	26.7	26.9
2003	27.5	27.3	27.2	26.7	26.0	24.6	23.9	24.0	24.6	25.8	26.4	26.7
2004	27.2	27.6	27.7	26.9	25.9	24.1	23.9	23.2	25.1	26.1	26.6	26.7
2005	27.7	27.4	27.1	27.5	25.9	24.7	24.1	24.1	24.4	25.0	25.4	25.9
2006	27.2	27.3	27.3	26.4	25.9	24.8	24.4	24.7	25.6	26.2	26.9	27.0
2007	28.1	28.0	27.5	26.9	26.0	24.4	24.0	23.3	23.9	24.3	25.5	25.5
2008	26.7	26.6	27.2	26.7	25.8	24.9	24.9	24.9	25.6	25.8	26.0	26.1
2009	26.9	26.7	27.0	26.7	26.5	25.4	25.3	24.9	25.4	25.9	26.5	27.0
2010	27.8	27.6	27.9	27.5	26.9	25.3	24.5	24.0	24.5	25.1	25.1	26.0
2011	27.2	27.1	27.3	26.9	26.8	26.1	25.1	24.5	25.0	25.1	26.3	26.7
2012	27.3	26.7	27.5	27.4	27.2	26.4	25.3	24.6	25.2	25.9	26.8	26.6
2013	27.5	27.6	27.4	26.7	25.7	24.3	23.5	24.0	24.9	25.5	25.6	26.7
2014	27.7	27.7	27.9	27.6	27.6	27.1	25.6	25.0	25.8	26.3	27.1	26.9
2015	27.6	27.8	27.6	27.7	27.6	27.1	26.8	26.0	27.5	27.7	27.8	28.3
2016	28.7	28.2	28.5	28.0	27.8	26.2	25.9	25.3	26.3	26.5	26.7	27.2
PROMEDIO	27.2	27.2	27.3	26.8	26.3	25.0	24.5	24.2	25.1	25.8	26.3	26.5

Fuente: PISCO SENAMHI

Fuente: Elaboración propia (2023)

Anexo 6.-Tolerancia de cultivos a la salinidad

Cultivos Tolerantes a la salinidad (16 – 21 dS/m)

Cultivos de fibra, azúcar o

Semilla

Algodón	Gossypium hirsutum
Cebada	Hordeum Vulgare
Remolacha azucarera	Beta vulgaris

Hortalizas

Espárrago	Asparaguas officinalis
-----------	------------------------

Cultivos Moderadamente Tolerantes (10.5 -16 dS/m)

Cultivos Forrajeros y Granos

Trigo forrajero	Triticum aestivum
Cebada forrajera	Hordeum Vulgare

Hortalizas

Alcachoja	Helianthus tuberosus
Beterraga	Beta Vulgaria

Cultivos Frutales

Piña	Anana comosus
Olivo	Olea europea
Papaya	Carica papaya

Cultivos de Fibra, Semilla o

Azúcar

Avena	Avena sativa
Trigo	Triticum aestivum
Soya	Glycine max

Fuente: Elaboración propia (2023)

Cultivos Moderadamente Sensibles (5 – 10.5 dS/m)

Cultivos de Fibra, Semilla o Azúcar

Arroz	Oriza sativa
Caña de azúcar	Saacharum officinarum
Maíz	Zea mays

Cultivos Forrajeros y Granos

Alfalfa	Medicago sativa
Maíz forrajero	Zea mays

Cultivos Frutales

Vid	Vitis sp
-----	----------

Hortalizas

Apio	Apium graveolens
Brócoli	Brassica oleracea
Repollo	B. oleracea capitata
Lechuga	Latuca sativa
Tomate	Lycopersicon esculentum
Rábano	Raphanus sativus

Cultivos Sensibles (0 – 5 dS/m)

Cultivos de Fibra, Semilla o Azúcar

Ajonjolí	Sesamun inducum
Frijoles	Phaseolus vulgaris

Cultivos Frutales

Palta	Persea americana
Fresa	Fragaria sp.
Lima	Citrus reticulata
Limonero	Citrus limón
Mango	Mangifera indica
Mandarina	Citrus reticulata

Fuente: Elaboración propia (2023)

Anexo 7.-Data Inventariada del ANA

IRHS	NOMBRE DEL POZO	COTA TERRENO m.s.n.m.	PERFORACIÓN					EQUIPO DE BOMBEO					EXPLOTACIÓN					
			Año 19..	Tipo	Prof. Inic (m)	Prof. Act. (m)	Diámetro (m)	MOTOR			BOMBA		ESTADO DEL POZO	USO	RÉGIMEN			VOLUMEN (m ³ /año)
								MARCA	TIPO	HP	MARCA	TIPO			h/d	d/s	m/a	
1	Poblacion de San Jacinto	9.00	84	T.A	5.00	4.20	2.70	HIDROSTAL	E	1.0	HIDROSTAL	CS	UTILIZADO	D	6	7	12	15,768.00
2	Poblacion de San Jacinto	9.00	84	T.A	8.00	7.35	1.00						UTILIZABLE					
3	Comunidad de Oidor	40.00	80	T.A									NO UTILIZABLE					
4	Grupo de Regantes Oidor	44.05	85	T.A	6.00	5.70	2.70						UTILIZABLE					
5	Yolanda Florea Aguilar	19.08	95	T.A	6.00		1.50						NO UTILIZABLE					
6	Maria Jimenez Cespedes	26.37	95	T.A	7.00		1.60						NO UTILIZABLE					
7	Enma Patredes Cespedes	20.54	95	T.A	6.00		1.60						NO UTILIZABLE					
8	Grupo de Regantes Casa Blanqueada	42.20	85	T.A	7.20	3.55	2.60	BRIGHT STRATON	G	16.0	BRIGHT STRATON	CS	UTILIZADO	R	4	4	6	9,010.80
9	Grupo de Regantes Casa Blanqueada	37.40	85	T.A	7.40	6.35	2.60	BRIGHT STRATON	G	16.0	BRIGHT STRATON	CS	UTILIZADO	R	4	4	6	9,010.80
10	Comunidad de Carretas	28.64	94	T.			0.15				INALSA	P	UTILIZABLE					
11	Comunidad la Capitana	52.30	94	T.			0.15				INALSA	P	NO UTILIZABLE					
12	Comunidad Rica Playa	63.74	94	T.	40.00		0.15				INALSA	P	NO UTILIZABLE					
13	Comunidad Rica Playa	68.90	94	T.	40.00	10.00	0.15				INALSA	P	NO UTILIZABLE					
14	Comunidad de Higueron	32.00	94	T.			0.15						NO UTILIZABLE					
15	Comunidad de Vaqueria	21.25	92	T.A	6.00		1.60						NO UTILIZABLE					
16	Poblacion de San Jacinto	9.00	84	T.A	7.00		1.60						NO UTILIZABLE					
17	Humberto Sanchez Mendieta	31.50	2003	T.A	4.80	5.80	2.60						UTILIZABLE					
18	Humberto Sanchez Mendieta	31.80	2005	T.A	8.00		1.60						UTILIZABLE					
19	Comunidad de Vaqueria	43.50	2005	T.A	8.00	7.60	1.80						UTILIZABLE					

T = Tubular
T.A = Tajo Abierto
M = Mixto

E = Eléctrico
D = Diesel
G = Gasolinero

P = Piston
MV = Molinos de Viento

TV = Turbina Vertical
S = Sumergible
CS = Centrífuga de Succión

D = Doméstico
R = Riego
I = Industrial

P = Pecuario

Anexo 8.- Panel fotográfico



Fotografía de pozo N°1 – periodo húmedo

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola y para uso poblacional



Fotografía de pozo N°1 – periodo húmedo

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola y para uso poblacional



Fotografía de pozo N°1 – periodo seco

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de pozo N°1 – periodo seco

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de pozo N°2 – periodo húmedo

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de pozo N°2 – periodo húmedo

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de pozo N°2 – periodo seco

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de pozo N°2 – periodo seco

Pozo anillado operativo en estado regular con sistema de bombeo fijo, propiedad de terceros, registrado en el ALA. Actualmente es utilizado para riego agrícola.



Fotografía de trabajo topográfico

Trabajo de nivelación desde BM PG-22, localidad de Casa Blanqueada, distrito de San Jacinto, provincia y departamento de Tumbes..



Fotografía de trabajo topográfico

Trabajo de nivelación de pozo en estudio N°1



Fotografía de trabajo topográfico
Trabajo de nivelación de pozo en estudio N°2