

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR**

Roxana Licet Edquén Gavidia

**ASESOR**

Dra, Doris Elena Delgado Tapia

**CHOTA – PERÚ**

**AGOSTO, 2021**

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser "Doris Elena Delgado Tapia". Debajo de la firma se encuentra un sello profesional circular con el texto "Doris Elena Delgado Tapia", "INGENIERA QUÍMICA" y "REG. CIP 111832".



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### ACTA N°006-2021/EPIFA/UNACH

Siendo las 11:05 horas, del día 08 de setiembre de 2021; en video conferencia realizada a través del aplicativo Meet Google, los miembros del jurado de tesis titulada: **“Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020”**, integrado por:

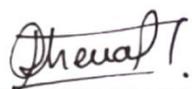
1. Dr. Alejandro Seminario Cunya - Presidente
2. M. Sc. Azucena Chávez Collantes - Secretario

Sustentada por la Bachiller **Roxana Licet Edquén Gavidia**, con la finalidad de obtener el título profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del jurado y las respuestas otorgadas por la graduando, luego de deliberar, acuerda aprobar la tesis, calificándola con la nota **15 (quince)**, se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITA para conferirle el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental.

Firmado en Chota, el 08 de setiembre de 2021.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alejandro Seminario Cunya  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
M. Sc. Azucena Chávez Collantes  
SECRETARIO

### DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, **Roxana Licet Edquén Gavidia**, identificada con DNI N° 48348641; Bachiller en Ingeniería Forestal y Ambiental - Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota

DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:

1. Soy autora de la tesis titulada: **Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría BI "Chancay Baños" - Santa Cruz, 2020.**
2. La misma que presento para optar el Título profesional de **Ingeniero Forestal y Ambiental.**
3. La tesis es original e inédita, no ha sido presentada parcial, ni totalmente por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica de investigación profesional u otra similar.
4. Las citas de otros autores y referencias han sido debidamente identificadas, respetando las normas internacionales para las fuentes consultadas.
5. Los datos de los resultados presentados son reales, no han sido manipulados, imitados; ni falsificados.

Por lo expuesto, me comprometo ante la Universidad Nacional Autónoma de Chota, asumir toda responsabilidad que se pueda derivar por la originalidad, veracidad y contenido de la presente tesis.

Chota 21 de setiembre del 2021.



**Bach. Roxana Licet Edquén Gavidia**

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por bendecir mi existencia, por brindarme orientación a lo largo de mi vida y fortaleza en momentos difíciles.

Agradezco a mis padres por ser los primordiales impulsores de mis sueños, por creer en mis posibilidades, por inculcarme principios y valores para lograr mis metas, y apuntar a un futuro mejor. Sé que ellos y de toda la familia estarán orgullosos.

A la Dra. Doris Elena Delgado Tapia, por su instrucción, cooperación y entrega mutua en el desarrollo de esta tesis para así lograr los objetivos trazados.

## **DEDICATORIA**

Trabajo dedicado a ti mi Dios por darme vida, dejarme llegar hasta este instante tan significativo en mi formación profesional y volver realidad esta meta ansiada.

A mis padres, Segundo Melchor y Doraliza Clara, cimientos esenciales en mi existencia, por manifestar su afecto, soporte absoluto, brindarme ejemplos de superación, humildad, sacrificio y triunfo en cada momento. Su constancia y su lucha insaciable han hecho de ellos el gran modelo a alcanzar y enfatizar, no solo para mí sino también para mis hermanos y familia en general.

A mi primo, Javier Coronado Edquén, sé que desde el cielo estará muy orgulloso de mí, gracias por ser mi Ángel que siempre está guiándome, protegiéndome en cada paso que doy.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	<b>20</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	22
2.1.3. Antecedentes regionales.....	23
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	<b>25</b>
2.2.1. Agua .....	25
2.2.2. Aguas termales .....	25
2.2.3. Composición aproximada de un agua termal .....	27
2.2.4. Termalismo en el Perú .....	27
2.2.5. Indicadores y frecuencia de muestreo para agua termal .....	28
2.2.6. Parámetros físico-químicos .....	30
2.2.7. Parámetros bacteriológicos .....	31
2.2.8. Estándares de calidad ambiental (ECAS) del agua según categoría B1 .....	32
<b>2.3. Marco conceptual</b> .....	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1. Ubicación</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2. Población y muestra</b> .....	<b>38</b>

3.2.1. Población.....	38
3.2.2. Muestra.....	39
3.2.3. Muestreo.....	43
<b>3.3. Equipos, materiales e insumos .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. Metodología de la investigación .....</b>	<b>44</b>
3.4.1. Tipo de investigación.....	44
3.4.2. Diseño de investigación .....	45
3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	46
3.4.4. Procesamiento de recolección de datos.....	48
<b>3.5. Análisis estadístico .....</b>	<b>51</b>
<b><i>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</i></b>	<b><i>54</i></b>
<b>4.1. Parámetros físico-químicos en las aguas termales “Chancay Baños” .....</b>	<b>56</b>
4.1.1. Temperatura.....	56
4.1.2. Potencial de hidrógeno (pH).....	63
4.1.3. Concentración de aceites y grasas .....	70
4.1.4. Concentración de oxígeno disuelto.....	72
4.1.5. Concentración de DBO <sub>5</sub> .....	80
<b>4.2. Parámetros bacteriológicos en las aguas termales “Chancay Baños” .....</b>	<b>81</b>
4.2.1. Concentración de coliformes termotolerantes.....	81
4.2.2. Concentración de Escherichia coli.....	90
<b>4.3. Comparación de las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos .....</b>	<b>99</b>
<b>4.4. Análisis estadístico .....</b>	<b>100</b>
4.4.1. Modelo de correlación .....	100

4.4.2. Aceptación de hipótesis .....	103
<b><i>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</i></b>	<b><i>109</i></b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>109</b>
<b>5.2. Recomendaciones.....</b>	<b>110</b>
<b><i>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</i></b>	<b><i>111</i></b>
<b><i>CAPÍTULO VII. ANEXOS.....</i></b>	<b><i>119</i></b>
Anexo N° 1. Matriz de consistencia.....	119
Anexo N° 2. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal .....	120
Anexo N° 3. Panel fotográfico.....	122
Anexo N° 4. Cadena de custodia .....	132
Anexo N° 5. Informes de ensayos de laboratorio .....	134
Anexo N° 6. DS-004-2017-MINAM.....	147
Anexo N° 7. Análisis estadístico ANOVA detallado.....	158
Anexo N° 8. Planos .....	183

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Indicadores y frecuencia de muestreo .....	29
Tabla 2	Estándares físico-químicos, microbiológicos y parasitológico para agua- Categoría 1: Poblacional y recreacional-Subcategoría B1: Aguas superficiales destinadas para recreación .....	33
Tabla 3	Estaciones de Monitoreo.....	42
Tabla 4	Frecuencia de muestreo en las estaciones de muestreo .....	42
Tabla 5	Criterios para la toma de muestra.....	43
Tabla 6	Medición de parámetros de campo.....	48
Tabla 7	Tipo de envase, preservación y tiempo de preservación .....	49
Tabla 8	Temperatura del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo.	57
Tabla 9	Relación de la temperatura con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal.....	58
Tabla 10	pH del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo.....	64
Tabla 11	Relación del pH con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal.....	65
Tabla 12	Concentración de aceites y grasas del agua termal “Chancay Baños” .....	70
Tabla 13	Concentración de oxígeno disuelto en el agua termal “Chancay Baños” .....	74
Tabla 14	Relación del oxígeno disuelto con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal.....	75
Tabla 15	Concentración de DBO <sub>5</sub> del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo .....	81
Tabla 16	Concentración de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo .....	81
Tabla 17	Resumen del modelo coliformes termotolerantes vs otros parámetros .....	85
Tabla 18	Concentración de Escherichia coli del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo .....	92
Tabla 19	Resumen del modelo Escherichia coli vs otros parámetros.....	93
Tabla 20	Concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños” .....	100
Tabla 21	Resumen del modelo de correlación para parámetros físico-químicos y microbiológicos .....	102

Tabla 22. Análisis de Varianza, estación EM1 .....	104
Tabla 23. Análisis de Varianza, estación EM2.....	106
Tabla 24. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños”, Estación EM1, según ECAS para categoría I, subcategoría B1 .....	120
Tabla 25. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños”, Estación EM2, según ECAS para categoría I, subcategoría B1 .....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Clasificación de las aguas termales por origen y temperatura.....	26
Figura 2	Clasificación de las aguas termales por geología y contenido mineral.....	26
Figura 3	Concentración de oxígeno en agua (S).....	30
Figura 4	Variación de la demanda biológica de oxígeno (DBO) a 20 °C .....	31
Figura 5	Ubicación del distrito de Chancay Baños.....	36
Figura 6	Mapa hidrológico de la zona reservada Chancay Baños .....	37
Figura 7	Mapa climático de la zona reservada Chancay Baños .....	37
Figura 8	Zona reservada Chancay Baños .....	38
Figura 9	Baños termales “Chancay Baños” .....	40
Figura 10	Componentes del Mirador Ecológico Baños termales “Chancay Baños” .....	40
Figura 9	Proceso de extracción de muestras de agua.....	41
Figura 12	Niveles de investigación.....	45
Figura 13	Diseño de investigación descriptivo.....	46
Figura 14	Etiqueta de los envases .....	50
Figura 15	Ubicación de las estaciones de muestreo y áreas de abastecimiento .....	55
Figura 16	Gráfica de correlación entre temperatura en relación al pH.....	59
Figura 17	Gráfica de correlación entre temperatura y oxígeno disuelto .....	60
Figura 18	Gráfica de correlación entre temperatura y coliformes termotolerantes .....	61
Figura 19	Gráfica de correlación entre temperatura y Escherichia coli.....	62
Figura 20	Gráfica de correlación entre pH y temperatura.....	66
Figura 21	Gráfica de correlación entre pH y oxígeno disuelto.....	67
Figura 22	Gráfica de correlación entre pH y coliformes termotolerantes.....	68
Figura 23	Gráfica de correlación entre pH y Escherichia coli .....	69
Figura 24	Piscinas termales del Mirador Ecológico “Chancay Baños” .....	71
Figura 25	Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y temperatura.....	76
Figura 26	Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y pH.....	77
Figura 27	Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes .....	78
Figura 28	Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y Escherichia coli.....	79
Figura 29	Buzón 2, “Chancay Baños” .....	84
Figura 30	Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y temperatura .....	86
Figura 31	Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y pH.....	87

Figura 32	Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y oxígeno disuelto .....	88
Figura 33	Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y Escherichia coli .....	89
Figura 34	Gráfica de correlación entre Escherichia coli y temperatura.....	94
Figura 35	Gráfica de correlación entre Escherichia coli y pH .....	95
Figura 36	Gráfica de correlación entre Escherichia coli y oxígeno disuelto.....	96
Figura 37.	Gráfica de correlación entre Escherichia coli y coliformes termotolerantes .....	97
Figura 38.	Gráfica de residuos para la estación EM1 .....	105
Figura 39.	Gráfica de residuos para la estación EM2 .....	107
Figura 40	Ensayos de temperatura y pH en las aguas termales “Chancay Baños”, estación EM1, utilizando un multiparámetro proporcionado por la EPIFA de la Universidad Nacional Autónoma de Chota .....	122
Figura 41	Toma de muestras de las aguas termales “Chancay Baños” en la EM1, para ensayos en el laboratorio regional de Cajamarca.....	123
Figura 42	Proceso de muestreo para el ensayo de oxígeno disuelto.....	124
Figura 43	Proceso de muestreo para el ensayo de aceites y grasas (envase oscuro) y para ensayos bacteriológicos.....	125
Figura 44	Muestras de agua termal recolectadas en la EM1, para ensayos físico-químicos y bacteriológicos en el laboratorio Regional de Cajamarca.....	126
Figura 45	Ensayos de temperatura y pH en las aguas termales “Chancay Baños”, estación EM2, utilizando un multiparámetro proporcionado por la EPIFA de la Universidad Nacional Autónoma de Chota .....	127
Figura 46	Toma de muestras de las aguas termales “Chancay Baños” en la EM2, para ensayos en el laboratorio regional de Cajamarca.....	128
Figura 47	a) Toma de muestra en un balde, b) Vertido de muestra en el envase para ensayo de oxígeno disuelto, c) Agua para ensayo de aceites y grasas, d) Agua para ensayos bacteriológicos.....	129
Figura 48	Muestras de agua termal de la estación EM2, para ensayos físico-químicos y bacteriológicos en el laboratorio Regional de Cajamarca.....	130
Figura 49	Envases para la recolección de muestras enviadas por el laboratorio regional de Cajamarca.....	131

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ANA: Autoridad Nacional del Agua

CE: Conductividad eléctrica

DBO<sub>5</sub>: Demanda bioquímica de oxígeno

ECA: Estándar de calidad ambiental

MINAM: Ministerio del ambiente

OD: Oxígeno disuelto

OMS: Organización Mundial de la Salud

pH: Potencial de hidrógeno

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.

## RESUMEN

La investigación consideró como objetivo, evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020”. Cuya muestra del estudio descriptivo fue: dos buzones, el primero que abastece a las piscinas termales, y el segundo suministra a las pozas termales antiguas, representadas por estaciones de muestreo EM1 y EM2, respectivamente. El muestreo se realizó cada 15 días (del 07 de enero al 25 de marzo del 2021), usando multiparámetro HANNA. Se encontraron los parámetros pH y temperatura, mientras que, para precisar el oxígeno disuelto, AyG, DBO<sub>5</sub>, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se transportó las muestras al Laboratorio Regional de Cajamarca. Determinándose que las aguas termales “Chancay Baños” son mesotermas según la temperatura promedio del agua. El pH osciló de 6,00 a 7,00 para ambas estaciones, considerada agua neutra con baja tendencia ácida. Las EM1 y EM2 mostraron un valor de oxígeno disuelto promedio de 2,57 mgL<sup>-1</sup> y 3,43 mgL<sup>-1</sup>; no tuvieron presencia de DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas. El agua termal de la EM1 no presentó concentración bacteriológica, pero el agua de la EM2 indicó una concentración promedio de coliformes termotolerantes y E.Coli de 107,50 y 76,67 NMP/100Ml, individualmente. Se ha concluido que, las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de Chancay Baños de la EM1 cumplió con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas de subcategoría B1; sin embargo, la EM2 reveló parámetros bacteriológicos superiores o cercanos al límite máximo permisible para agua de uso recreativo.

**Palabras clave:** Calidad del agua, ECAS, agua termal, mesotermas, uso recreativo.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the physicochemical and bacteriological parameters to determine the quality of the thermal waters according to sub-category B1 "Chancay Baños" - Santa Cruz, 2020". Whose sample of the descriptive study was: two water wells, the first one supplying the thermal pools, and the second one supplying the old thermal pools, represented by sampling stations EM1 and EM2, respectively. Sampling was performed every 15 days (from January 07 to March 25, 2021), using HANNA multiparameter. The parameters pH and temperature were found, while, to determine dissolved oxygen, AyG, DBO<sub>5</sub>, thermotolerant coliforms and Escherichia coli, the samples were transported to the Regional Laboratory of Cajamarca. It was determined that the "Chancay Baños" hot springs are mesothermal according to the average temperature of the water. The pH ranged from 6,00 to 7,00 for both stations, considered neutral water with low acid tendency. MS1 and MS2 showed an average dissolved oxygen value of 2,57 mgL<sup>-1</sup> and 3,43 mgL<sup>-1</sup>; no DBO<sub>5</sub>, oils and fats were present. The thermal water of MS1 did not show bacteriological concentration, but the water of MS2 showed an average concentration of thermotolerant coliforms and E.Coli of 107,50 and 76,67 NMP/100ML, individually. It has been concluded that, the concentrations of physicochemical and bacteriological parameters of the thermal waters of Chancay Baños of MS1 complied with the environmental quality standards (ECAS) for subcategory B1 waters; however, MS2 revealed bacteriological parameters higher or close to the maximum permissible limit for recreational water.

**Key words:** Water quality, ECAS, thermal water, mesothermal, recreational use.

## **CAPÍTULO I.**

### **INTRODUCCIÓN**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019), “el agua es el recurso más abundante del planeta”, su tercera parte está constituido por agua, por este motivo se denomina el planeta azul; es decir parte de la tierra se encuentra cubierta por océanos, mares, ríos, aguas termales, etc. Las aguas termales se derivan de la penetración del aguacero a través de grietas (Alcicek, et. al, 2019); por su naturaleza pueden ser frías (37 °C), cálidas (37 °C a 60 °C) o calientes (>60 °C) (Valcheva, et. al, 2020). Estos subsistemas difieren en su estructura geotectónica, condiciones hidrogeológicas y actividad térmica (Bolormaa, et. al, 2019); lo que genera que cada fuente de agua termal, presente distintos parámetros (Him, 2020).

Cada año a nivel mundial se incrementa la demanda de destinos turísticos en aguas termales (Simon, et. al, 2019; Mercede y Mamoon, 2019), debido a que logran disminuir o eliminar algunos problemas de salud (Gambarota, et. al, 2018); sin embargo, si no se tiene en cuenta la calidad del agua termal, esta podría tener parámetros físico-químicos y bacteriológicos fuera de lo normal, lo que podría según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) ser letal para la vida.

Según Huanca (2019), el Perú goza de una cadena de matices termales y minerales alcanzando 40, 101 y 59 fuentes termales en la zona sur, sur oriental y norte del país respectivamente (Ramírez, 2018), así mismo, en 2011 del total de turistas que visitaron el Perú, el 11% concurrieron a las fuentes de aguas termales (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR], 2012). Estas aguas se caracterizan por un alto contenido de dureza, alta conductividad, mineralización excesiva y mínimas cantidades de oxígeno disuelto, (Andueza, et. al, 2020), por lo que se debe tener un control de calidad para su aprovechamiento turístico.

Cajamarca, está integrada por 13 provincias y 129 distritos, con amplio potencial turístico (Pariante, et. al, 2016), cuenta con diversos recursos naturales y arqueológicos (Orillo, 2010); pero los manantiales termales son un invaluable bien (Ramírez, 2018). La provincia de Santa Cruz tiene once distritos (Arias, et. al, 2017), en el distrito Chancay baños, se ubican las aguas termales del mismo nombre, declarada zona reservada por el D.S. N° 001-96-AG, sus servicios son administrados por el gobierno municipal (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP], 2020), sin embargo, no hay ilustraciones científicas de la calidad del agua de la fuente termal utilizada en el complejo recreacional.

Los estándares de calidad ambiental del agua (ECA-agua), definen las concentraciones bajo las cuales el agua puede ser utilizada para un fin (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2015). En el Decreto Supremo N° 004-2017 –MINAM, se muestran los ECA para agua termal (categoría 1, subcategoría B1), no obstante, muy pocos complejos turísticos llevan un control de calidad del agua termal, debido a que consideran que, por las peculiaridades fisicoquímicas de las aguas termales, estas tienen mínima probabilidad de que sea habitada por microorganismos (Andureza, et. al, 2020), pero ciertas bacterias son propias de estos ambientes; Stefunkova, et. al (2020), observaron bacterias coliformes totales en aguas termales utilizadas para la natación recreativa.

El problema de la investigación se enmarcó en determinar si ¿Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” cumplen significativamente con los estándares de calidad según subcategoría B1? Para resolver la interrogante se ha propuesto la hipótesis nula (H<sub>0</sub>): No hay diferencia significativa entre los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020 y los ECAS-aguas subcategoría B1, por tanto, el agua termal “Chancay Baños” cumple significativamente con el DS N° 004 – 2017 – MINAM.

Se tuvo como principal objetivo “Evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020”, por medio del cumplimiento de los objetivos específicos: (1) determinar las concentraciones de los parámetros físicos-químicos (Aceites y Grasas, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y DBO<sub>5</sub>) en las aguas termales "Chancay Baños"- Santa Cruz, 2020; (2) determinar las concentraciones de los parámetros Bacteriológicos (Coliformes Termotolerantes, *Escherichia coli*) en las aguas termales "Chancay Baños"- Santa Cruz, 2020; y (3) comparar las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de Chancay Baños con los ECAS para aguas de categoría I subcategoría B1.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales destinadas a recreación, orientan los parámetros fisicoquímicos que debe cumplir el agua termal de la categoría 1, subcategoría B1, a fin de que la concentración de estos no sobrepase la normativa peruana (Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM). A nivel regional y local no se efectúa un análisis de la calidad de las aguas termales existentes, por lo mismo, estas fuentes termales pueden tener parámetros en concentraciones mayores a las permisibles, lo que podría generar daños a la vida humana en los centros turísticos o de recreación. Para evitar efectos perjudiciales de la baja calidad de las aguas termales se debe analizar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de la fuente del recurso hídrico.

La presente investigación tuvo como finalidad determinar las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal "Chancay Baños" según sub categoría B1, para obtener información que favorezca la optimización o mantenimiento de la calidad del agua termal del lugar. Existía la posibilidad que la fuente de agua termal estuviese contaminada con bacterias potencialmente patógenas y los turistas del balneario Chancay Baños puedan enfermar, lo que hubiera generado un impacto social-económico y de salud,

debido a que un fragmento de la población económicamente activa de la comunidad Chancay Baños vive del turismo, además por ser una población relativamente grande, esto podría haber sido un foco de propagación para los municipios aledaños de Santa Cruz.

Es preciso resaltar que esta investigación contribuirá con la colectividad académica y con la sociedad en el aporte de conocimiento científico para futuras investigaciones. Así mismo, en lo Ambiental, se ha justificado frente a la necesidad de emplear métodos para minimizar o evadir impactos nocivos en la calidad del agua termal, que pueda causar efectos secundarios en el hombre y también sobre la flora y fauna.

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Simon, et. al (2019), analizaron las peculiaridades de las aguas termales y sus posibles beneficios para la salud. Los autores determinaron la temperatura, conductividad, sólidos disueltos totales, salinidad, oxígeno disuelto, valores de pH y las concentraciones de oligoelementos. Obteniendo como resultados que el rango de valores de pH va de 6,83 a 8,71, clasificándose como neutras a alcalinas débiles; la temperatura más baja es 40,47 °C y la temperatura más alta 74,03 °C, además han observado altas concentraciones de Si, Li y Cu. Concluyendo que Hulu Langat Hot Spring tiene potencial de desarrollo como sitios importantes para la industria de geoturismo de salud, debido a sus propiedades físico-químicas.

Torres-Ceron, et. al (2019), implementaron la clasificación geoquímica de los resultados fisicoquímicos de 17 fuentes en el sector Puracé – La Mina (Cauca, Colombia) para fortalecer y determinar sus aplicaciones potenciales y mejorar el turismo continental en Colombia. Según los resultados obtenidos, descubrieron que la mayoría de las fuentes tienen una naturaleza de ácido sulfatado que las calienta como aguas de vapor y aguas volcánicas, por otro lado, la caracterización mineralógica y química mostró un alto contenido de minerales isomorfos de sílice con baja concentración. Sin embargo, considerando que las fuentes mineras poseen un pH de  $\pm 2$  y temperaturas de 40,00 °C, es posible que el hierro lixivie para justificar la presencia en el agua.

Valcheva, et. al (2020), analizaron cuatro aguas curativas no termales y termales del distrito de Sliven, por sus indicadores microbiológicos y los

microorganismos patógenos en las muestras de agua. Concluyeron que los baños minerales de Silven con una temperatura de 48,00 °C y la primavera de curación del pueblo Banya con una temperatura de 37,00 °C cumplen con los requisitos estándar, en cambio el manantial no termal “Gunchov Spring” con temperatura 21,5 °C, no cumple con los parámetros microbiológicos respecto a los niveles de bacterias coli.

Valcheva e Ignatov (2019), definieron los rasgos fisicoquímicos de la curación del agua termal y no termal del distrito de Varna (Macedonia Oriental). Concluyendo que, el agua de manantial de curación “Saint Constantine and Helena”, agua de manantial “Aquarium” agua termal “Dom Mladost”, agua termal “Primorski” cumplen con las condiciones requeridas para agua potable, mientras que el agua curativa de la aldea Goren Chiflik no se ajusta a los indicadores fisicoquímicos para nitratos e indicadores microbiológicos respecto a bacterias coliformes y enterococos.

Ríos (2019), realizó el aislamiento e identificación de bacterias del agua termal de Chignahuapan, Puebla (México). Concluyendo que, el balneario “Aguas termales de Chignahuapan” tiene una temperatura de 30 a 55 °C, pero de las 54 cepas aisladas, 50 Gram negativas y 4 Gram positivas, cinco cepas son cepas termo-tolerantes capaces de crecer a 45 °C, por tanto, se recomienda realizar pruebas de resistencia a antibióticos en los microorganismos aislado, a fin de verificar si esta prevalece en las aguas termales con compuesto férrico (Fe<sup>3+</sup>).

Alfred y Rao (2019), realizaron la comparación de parámetros fisicoquímicos entre aguas termales y pozos, recolectaron catorce muestras en Mara Shinyanga y Manyara en Tanzania. Analizaron los parámetros físicos pH, CE, TDS, salinidad y turbidez, concluyendo que algunos de los parámetros están en niveles más altos que los valores permitidos tanto para aguas termales como para pozos de agua, por tanto, es necesario un tratamiento para estas aguas antes de usarla para fines domésticos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

MINSA (2018), en su guía evidencia que la inspección del agua evita la propagación de infecciones, que puedan perturbar al individuo tras la ingesta o contacto con el agua, por lo que propone métodos de tratamiento, manejo y vigilancia de las condiciones del agua, también considera el discernimiento de las vitales pericias de purificación de agua para gasto humano en cuestiones de lance, datos que contribuirán a la implementación y difusión de habilidades conducentes a la previsión de malestares transmitidas por el agua.

Oquendo (2000), en su artículo científico validado por la FAO, describe que la atención a la particularidad del agua es compromiso del Ministerio de Salud, DISESA, para lo cual se realizaba un control bacteriológico, además asevera, que SENAP administraba la atención de los valores de saneamiento, por tanto, era la entidad encargada de llevar una inspección de la disposición del agua en las jurisdicciones de la nación.

Cruz (2018), determinó la particularidad del agua en las piscinas del centro turístico, mediante paráfrasis y proceso de exámenes químico-bacteriológico. Concluyendo que el agua de la piscina no cumple con algunos ECAS para la categoría 1, subcategoría B1, por lo que es necesario plantear un procedimiento de recirculación con destilación y esterilización del agua.

Huanca (2019), realizó el análisis organoléptico, de las propiedades físico-químicas y bacteriológicas en tres muestras del ojo de agua termal. El autor ultimó que el agua termal Hatun Putiña, es idónea para el uso en baños medicinales de acuerdo a los ECAS determinados por el MINSA.

Masias (2018), ilustró la geoquímica de los manantiales termales y asociarlos con los gases magmáticos en ascenso del volcán Corapuna. Como resultado, halló que

el Coropuna tiene agua termal con T° de 20 a 50 °C, pH de neutro a ácido, con relación B-Cl-Li que muestra procedencia de un sistema hidrotermal intermedio.

Vargas (2018) y Vargas, Fernández y Mendoza (2019), evaluaron los parámetros físico-químicos in situ y en laboratorio realizó los ensayos de coliformes totales y termotolerantes. Comprobó que la calidad microbiológica de las aguas termales del Balneario Yura es apta para la recreación, a pesar de ello, el 1,67% y 3,33% de las muestras de agua eran no idóneas con relación a coliformes termotolerantes y *Enterococcus faecalis*.

Vera y Garay (2019), realizaron análisis de calidad al agua termal del distrito de Cachicadán (La Libertad). Identificaron tres puntos de monitoreo. Los alcances microbiológicos mostraron que los coliformes totales superan de 3 a 12 UFC/100 mL los ECAS, además la conglomeración promedio de Plomo es 0,023 mgL<sup>-1</sup> superando los ECA y LMP. Concluyendo, que existe riesgo de intoxicación en la población.

### **2.1.3. Antecedentes regionales**

Díaz, et. al (2020), en su artículo científico realizaron ensayos físicoquímicos y microbiológicos en seis estaciones de muestro de la quebrada Colpamayo, en la temporada de estiaje (junio), transición estiajes-lluvia (octubre) y época lluviosa (noviembre), determinando que cinco estaciones no cumplen con los ECA para agua en la categoría III.

Palomino (2018), determinó las características físicoquímicas y microbiológicas según los ECA'S-agua, esta investigación se realizó en la región de Cajamarca. Para ello seleccionó cinco estaciones de muestreo. Las cuantificaciones físico-químicas y microbiológicas indicaban una evidente conmutación en cuanto al DBO<sub>5</sub>, DQO y coliformes totales permisibles. Concluyendo que la calidad del agua es deficiente en el río en las aproximaciones a la urbe.

Díaz (2016), analizó seis muestras en la planta de tratamiento y los domicilios, en tiempo de sequía y en tiempo de lluvias, en la región de Cajamarca. Antes del tratamiento del agua no cumplieron las normas microbiológicas, pero si con los parámetros físico-químicos, no obstante, al pasar por el tratamiento, el agua cumple con los ECA, pero en tiempo de lluvia el agua que llega de forma turbia no recibe el tratamiento adecuado debido a que los pozos de filtrado colapsan.

Castillo y Quispe (2019), en su investigación tomaron dos puntos de monitoreo, con el fin de determinar si el agua del río Chota (Cajamarca), es idónea para riego vegetal. Determinaron que el agua no es idónea para regadío de vegetación y para bebida de animales, porque están descolando los niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO que estipula la norma (ECA).

Saldaña (2017), en su indagación optó por cuatro puntos de monitoreo entre agosto - octubre, recolectando especímenes de agua natural y agua potable cada mes, con el fin de exponer la disposición del agua para ingesta humana. Concluyendo que, el agua natural de la cuenca Tres Chorros presentó una leve contaminación de coliformes totales, mientras que en el embalse y la red de conexión domiciliaria presenta una buena calidad de abastecimiento a la población, siendo apta para consumo.

Fustamante (2020) en su investigación realizó un muestreo por mes de septiembre a noviembre del 2019, en tres estaciones ubicadas a lo largo de la quebrada "San Mateo". Determinando que en el primer punto de muestreo se cumple con los parámetros físico-químicos pero no microbiológicos, mientras que las otras dos estaciones no cumplen con los ECAS respecto a concentración de oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes, por lo que concluyó que las aguas de la quebrada "San Mateo" son de mala calidad para la categoría III.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Agua

Recurso renovable pero finito. Es fuente y sustento de la vida, favorece la regulación de la temperatura, da forma a la Tierra, tiene peculios notables que lo hacen imprescindible, es un cuerpo dúctil: un solvente asombroso, un reactivo ideal en diversos procedimientos metabólicos; tiene potencial calorífico y tiene la cualidad de propagarse cuando se solidifica (Fernández, 2012, p. 148).

$$\text{Demanda de agua} = \text{Usos naturales} + \text{Usos antrópicos}$$

La calidad se determina según los parámetros señalados por la Normativa peruana en los ECAs o LMP, según fuente de agua que se analizará (Auge, 2007).

### 2.2.2. Aguas termales

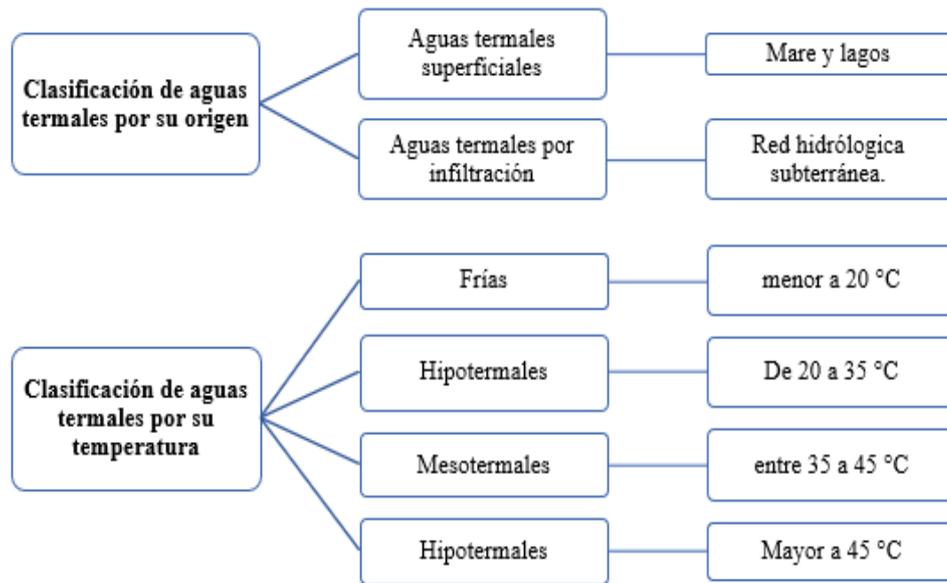
“Aguas minerales que salen del suelo a más de 5 ° C que la temperatura (T°) ambiente” (Urbina y Salazar, 2014, p. 6).

**Origen de las aguas termales.** En la generalidad de los argumentos, las aguas termales se producen por introducciones en el subsuelo que descienden por gravedad a capas más profundas donde elevan su temperatura y ascienden a la superficie a través de fracturas en las rocas (Collazos 2012, p. 33).

**Clasificación de las aguas termales.** Las aguas termales se pueden clasificar según su origen, temperatura, por origen geológico o por su contenido mineral (De la Riva, 2017, pp. 21 – 24; Collazos, 2012, pp. 34 – 37).

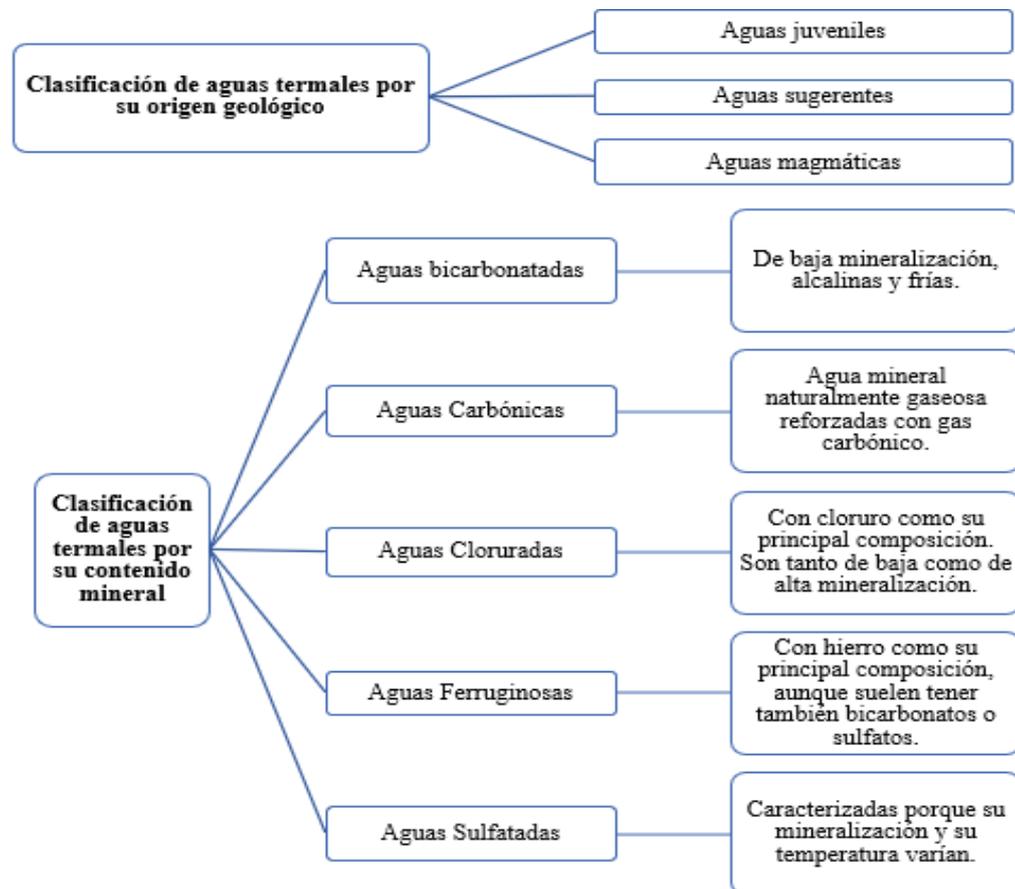
**Figura 1**

*Clasificación de las aguas termales por origen y temperatura*



**Figura 2**

*Clasificación de las aguas termales por geología y contenido mineral*



### 2.2.3. *Composición aproximada de un agua termal*

Según Rojas (2017), la composición de las aguas termales depende del tipo de aguas termales que sean así pueden ser:

- a) **Aguas termales bicarbonatadas.** Están compuestas por bicarbonatos sódicos, cálcicas, mixtas, sulfatadas y cloruradas.
- b) **Aguas termales cloruradas.** Están compuestas por cloruro.
- c) **Aguas termales ferruginosas.** Están compuestas principalmente por hierro, aunque pueden tener bicarbonatos o sulfatos.
- d) **Aguas termales sulfurosas.** Agua compuesta por sulfatos.

### 2.2.4. *Termalismo en el Perú*

El origen del termalismo se remonta a Europa Occidental. La capacidad del agua para curar enfermedades y afecciones es uno de los primordiales motores para extender el discernimiento a esta acción. Perú, por su geomorfológica tiene fuentes de agua termal que han comenzado a usarse para curación (Quispe y Ríos, 2017, p. 38).

#### a) **Fuentes termales en el Perú:**

Desde 1992, el Perú aprobó el Decreto Ley N° 25533, que establece el consentimiento de licencia para la usanza de las fuentes de agua Minero- Medicinales y la revisión de su aprovechamiento para turismo, encomendando al MITINCI la promoción y evaluación de las fuentes de agua termal (Collazos, 2012, p. 39). El país cuenta con diversas fuentes termales (Quispe y Ríos, 2017, p. 40). concentradas en las regiones de Cajamarca (13%), Lima (11%), Áncash (11%), y otras (Collazos, 2012, p. 39).

En la zona norte del Perú se identificaron 59 fuentes termales con T° entre 20 y 89°C, agrupadas en 4 sectores. En el Sector I se encuentra Tumbes, en el sector II

comprenden las provincias de San Ignacio, Jaén, Bagua, Utcubamba, Bongará, Rodríguez de Mendoza Rioja, Moyobamba, Lamas y San Martín, el sector III abarca las provincias de Chota, Santa Cruz, Hualgayoc, Celendín, San Miguel, Cajamarca y el sector IV, comprende las provincias de Contumazá, Cajabamba, Gran Chimú, Otuzco, Sánchez Carrión, Santiago de Chuco y Pataz , Pallasca, Corongo, Sihuas, Pomabamba, Huaylas, Yungay, Carlos Fitzcarrald y Carhuaz (Quispe y Ríos, 2017, p. 40)

**b) Aguas termales “Chancay Baños”-Santa Cruz:**

Los baños termales de Chancay, se ubican a 10,50 km del distrito de Chancay baños y 24.20 km de la provincia de Santa Cruz, tiene una extensión aproximada 628ha, en febrero de 1996 fue declarada como zona de reserva. Las aguas termales de Chancay alcanzan una temperatura de 38°C y tienen composición de clorosulfurados, por lo cual se emplea para la cura y tratamiento de diversas enfermedades. (Lavalle, 2006, p. 7)

**2.2.5. *Indicadores y frecuencia de muestreo para agua termal***

El Organismo Mundial de la Salud (OMS, 2000, p.20), establece las directrices para la calidad de aguas de uso recreativo, donde norma la frecuencia de muestreo mínimas recomendadas (Tabla 1)

**Tabla 1***Indicadores y frecuencia de muestreo*

	<b>Heterótrofo</b>	<b>Indicador fecal (<i>Escherichia coli</i>)</b>	<b>Estafilococo</b>
Piscinas públicas desinfectadas, muy usadas	Semanal	Semanal	Cuando situación demanda
Piscinas desinfectadas, semipúblico	Mensual	Semanal	Cuando situación demanda
Piscinas no desinfectadas	n/A	Semanal	Cuando situación demanda
Bañeras de hidromasaje, spas con hidromasaje	Semanal	Semanal	Cuando situación demanda
Piscinas de hidroterapia	Semanal	Semanal	Cuando situación demanda

(1) La frecuencia de muestreo debe aumentarse si los parámetros operativos (turbidez, pH, desinfectante residual, filtración continua) no se mantienen dentro de los rangos objetivos.

(2) El número de muestras debe determinarse sobre la dimensión y complicación del grupo y debe incluir puntos representantes de la calidad general del agua y las posibles áreas problemáticas.

Nota: Esta tabla muestra la frecuencia en que se deben realizar ensayos bacteriológicos en el agua de uso recreacional, según su condición de piscina o bañera, y el tipo de parámetro biológico: heterótrofo, *Escherichia coli* y Estafilococo. Tomado de “Guidelines for Safe Recreational-water Environments, Vol. 2: Swimming Pools, Spas and Similar Recreational-water Environments, Chapter 5 Managing Water and air quality” (OMS, 2000, p. 20)

### 2.2.6. Parámetros físico-químicos

- a) **Aceites y grasas (NTP 214.048):** el contenido de grasas y aceites es generalmente pequeño, se evidencia como una capa delgada sobre el agua (Aznar, 2000).
- b) **Potencial de hidrógeno - pH (NTP 214.029):** el término pH simboliza la *concentración de iones de hidrógeno* en un disolvente (Fundación Nacional de Salud, 2013, p. 54).

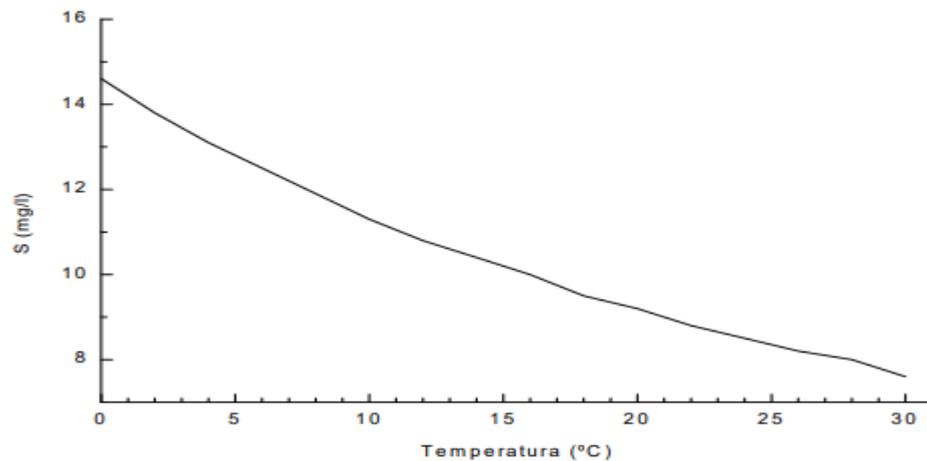
*pH = medida de la acidez o alcalinidad de una disolución*

- c) **Temperatura (NTP 214.050):** percepción de calor de una sustancia, está relacionado con lo fluoración, solubilidad, ionización, cambios de pH, etc (Fundación Nacional de Salud, 2013, p. 69).
- d) **Oxígeno disuelto (NTP 214.045 y/o NTP 214.046).** Se calcula “in situ” por “*electrodo de membrana*” o “*yodometría*” fijando el oxígeno con sulfato de magnesio. Se expresa como:

*mgL<sup>-1</sup> de oxígeno disuelto en la muestra de agua*

#### Figura 3

*Concentración de oxígeno en agua (S)*

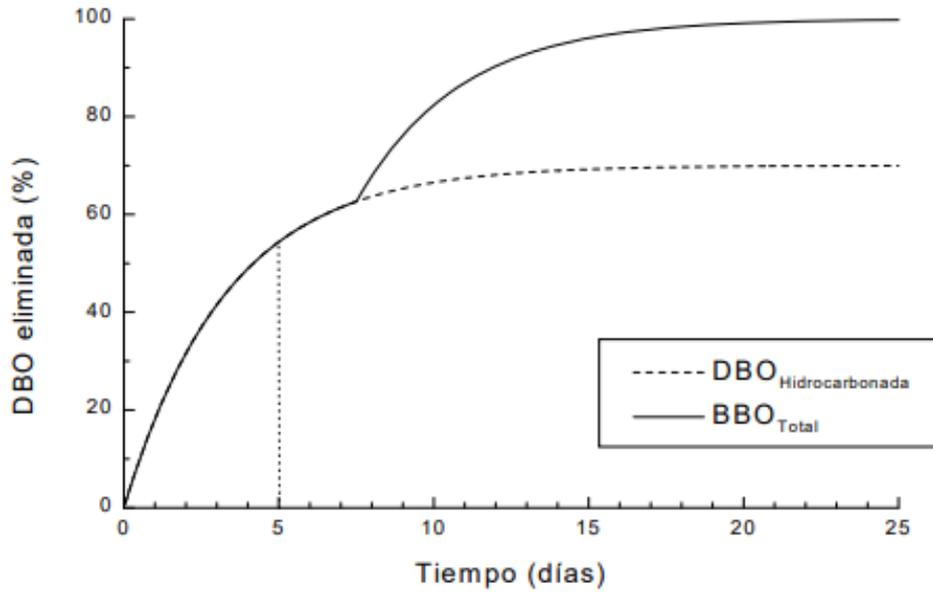


Nota: El gráfico representa la variación negativa de la concentración de oxígeno en agua (S) según la temperatura (°C) del agua se incrementa. Tomado de “Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas” (Aznar, 2000).

e) **DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxígeno (NTP 214.037):** es la cuantía de oxígeno consumido por los microorganismos aerobios para degradar la materia orgánica (Aznar, 2000).

**Figura 4**

*Variación de la demanda biológica de oxígeno (DBO) a 20 °C*



Nota: El gráfico muestra la variación positiva de la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda biológica de oxígeno hidrocarbonada eliminada en porcentaje, según el paso del tiempo en días, a una temperatura del agua de 20 °C, Tomado de “Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas” (Aznar, 2000).

### 2.2.7. *Parámetros bacteriológicos*

a) **Coliformes Termotolerantes (NTP 214.032):** el término "coliforme fecal" se ha utilizado en microbiología del agua para referirse a los coliformes que se desarrollan a 44 o 44,5 ° C y transforman la lactosa para originar ácido y gas. En la experiencia, ciertos organismos con estas particularidades pueden no ser de origen fecal, por lo que el vocablo "coliformes resistentes al calor" es más

apropiado. La manifestación de bacterias coliformes resistentes al calor revela que las heces están contaminadas (Vargas, 2018).

b) *Escherichia coli*: bacilos gramnegativos no similares a esporas que pueden fermentar lactosa y producir ácido y gas a  $44,5 \pm 0,2$  ° C, en  $24 \pm 2$  horas, y tienen BD glucuronidasa, que puede destruir sustratos fluorescentes y producir fluorescencia con ácido metil umbeliferil glucurónico (Huanca, 2019, p. 47).

#### **2.2.8. Estándares de calidad ambiental (ECAS) del agua según categoría B1**

ECA es un estándar de calidad ambiental que se utiliza para determinar la concentración de parámetros físicos, químicos y biológicos que existen en el ambiente (agua, aire o suelo) que no personifican un peligro representativo para la salubridad de los individuos o entorno (Cruz, 2018, p. 22).

**Tabla 2**

*Estándares físico-químicos, microbiológicos y parasitológico para agua-  
Categoría 1: Poblacional y recreacional-Subcategoría B1: Aguas superficiales  
destinadas para recreación*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Aguas superficiales para recreación B1 Contacto primario Valor</b>
<b>Microbiológicos y parasitológico</b>		
<b>Coliformes termotolerantes</b>	NMP/100 mL	200
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Ausencia
<b>Físicos y químicos</b>		
<b>Aceites y grasas (MEH)</b>	mgL <sup>-1</sup>	Ausencia de película visible
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	mgL <sup>-1</sup>	5
<b>Oxígeno disuelto</b>	mgL <sup>-1</sup>	>=5
<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>	Und pH	6,00 a 9,00

NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

Nota: En la Tabla se muestran los estándares físico-químicos, microbiológicos y parasitológicos para el agua de uso en recreación. Tomado del Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **a. Agua**

Recurso natural renovable por el ciclo hidrológico, que es esencial para la subsistencia humana y del entorno (MINAM, 2012).

#### **b. Aguas termales**

Son aguas con temperaturas superiores a los 5 °C de la temperatura ambiente, surgen de la tierra de modo espontáneo (Vera y Garay, 2019, p. 4).

**c. Calidad**

Idoneidad para el uso específico del agua (Moreno, 2003, p. 152).

**d. Calidad fisicoquímica del agua**

Grado de peligrosidad de la exposición de productos o contaminantes físico-químicos en el agua (Saldaña, 2017, p. 20).

**e. Calidad microbiológica del agua**

Circunscribe solo estudios microbiológicos. El riesgo más común para la salud es la contaminación microbiana (Saldaña, 2017, p. 20).

**f. DBO<sub>5</sub>**

Es la cuantía de oxígeno consumido en el enmohecimiento de la sustancia carbonosa en el agua, por la población microscópica, en un período de cinco días de desarrollo (Moreno, 2003, p. 154).

**g. Estándares de calidad ambiental (ECA)**

Norma ambiental que regula la cuantía de compuestos físicos, químicos y biológicos, en aire, agua o suelo, que no simbolizan un peligro representativo para la salubridad de los individuos o entorno (MINAM, 2012, p. 70).

**h. Límite máximo permisible (LMP)**

Regulariza las concentraciones físicas, químicas y biológicas que cuando se exceden alcanzan a producir perjuicios a la salud y ambiente (MINAM, 2012, pp. 84 – 85).

**i. Reservas nacionales**

Objetivo de proteger la biodiversidad y la usanza sostenible de los recursos animales y vegetales silvestres, acuáticos o terrestres (MINAM, 2012, p. 105).

## **CAPÍTULO III.**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Ubicación**

Se ha desarrollado en la zona reservada Chancay Baños (Figura 5), ubicada a una distancia de 10,5 km del distrito de Chancay Baños, a 24,20 km de la provincia de Santa Cruz, región Cajamarca (Llavalle, 2006).

- Centro poblado: Baños termales
- Distrito: Chancay Baños
- Provincia: Santa Cruz
- Departamento: Cajamarca

#### ***Topografía***

La ZR Chancay Baños, tiene una superficie de 2 628 ha de tierra, se ubica a 1969 msnm, en las coordenadas UTM 733413,00 m E y 9275439,00 m S. La topográfica de la zona reservada Chancay Baños es llana con declives suaves revestidos de bosque (SERNANP, 2020).

#### ***Hidrología.***

La ZR Chancay Baños está dentro de la cuenca hidrográfica Chancay – Lambayeque (Figura 6), es irrigada por el cauce del río Huamboyo, la quebrada la Paquilla y la quebrada Agua dulce, afluente del río Chancay; además en el lugar emanan aguas termales, con un alto potencial turístico (SERNANP, 2020).

#### ***Clima***

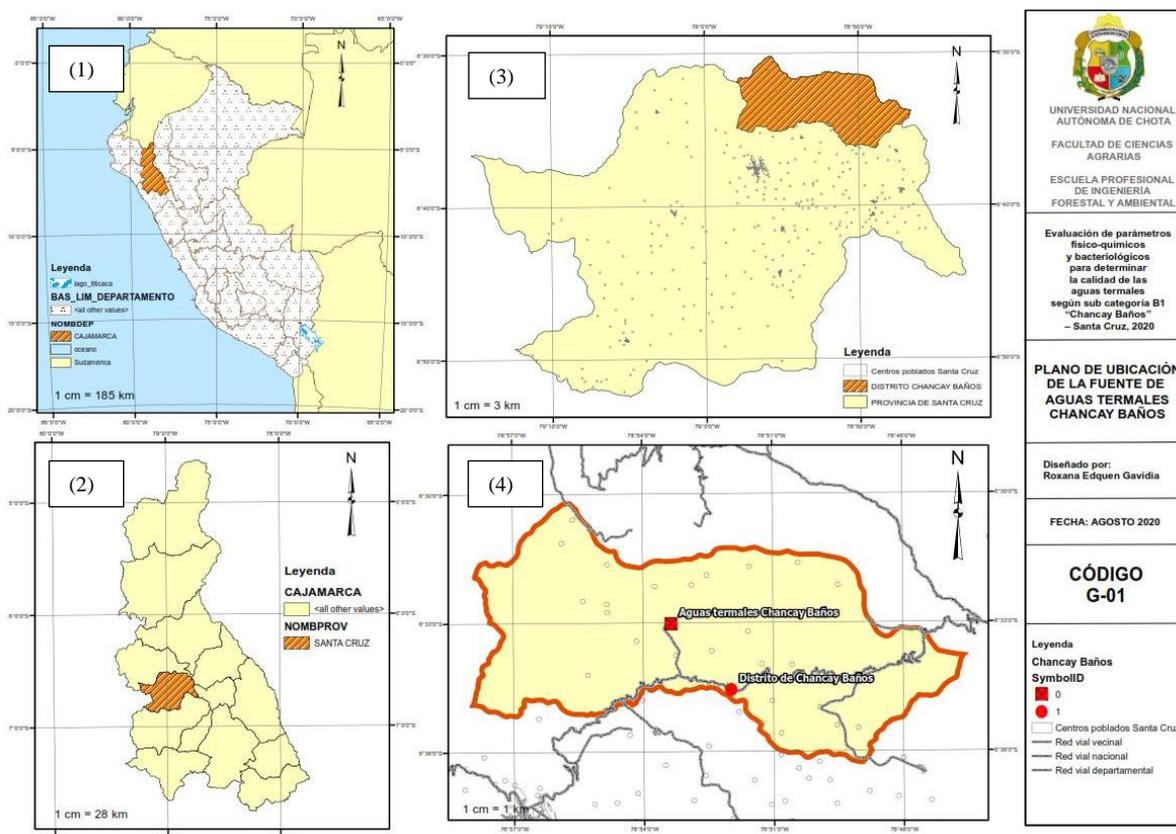
Clima subhúmedo y semicálido (Figura 7). Precipitación media anual de 400 a 600 mm. Temperatura media de 20° C en las partes bajas (1 400 a 1 900 m.s.n.m.) y 15° C en las partes altas (1 900 – 2 400 m.s.n.m.) (SERNANP, 2020). Según el mapa

climatológico la zona reservada Chancay Baños esta enmarca dentro de dos tipos de climas:

- “El clima E(d) B'1 H3, describe una zona desértica, semicálida con temperaturas medias de 16°C hasta 23° C y con escasas de lluvias durante el año, debido a la influencia de la corriente peruana” (ANA, 2020).
- “El clima C(o,i) B'2 H3 describe una zona de clima templado, semiseco, con deficiencia de lluvia en otoño y en invierno, con humedad relativa calificada como húmeda” (ANA, 2020).

**Figura 5**

*Ubicación del distrito de Chancay Baños*



Nota: En el mapa se muestra (1) la ubicación de la región Cajamarca en el mapa de Perú, (2) la ubicación de la provincia de Santa Cruz en el mapa de Cajamarca, (3) la ubicación del distrito de Chancay Baños en la provincia de Santa Cruz, (4) la ubicación de la zona turística Chancay Baños en el mapa del distrito de Chancay Baños.



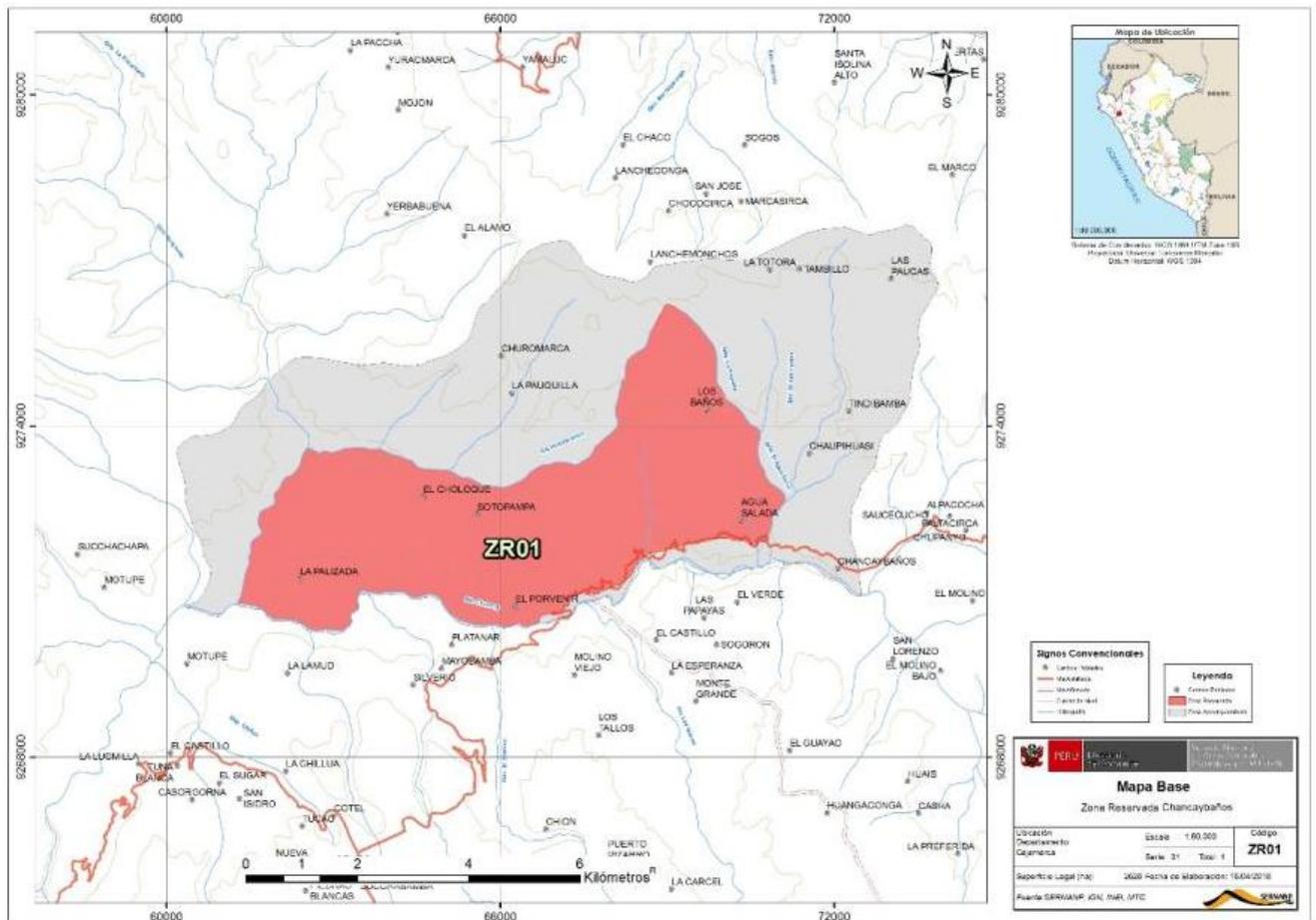
## 3.2. Población y muestra

### 3.2.1. Población

Conformada por las fuentes de agua termal que alimentan las pozas del Mirador Ecológico Chancay Baños – Santa Cruz, en el año 2020. (Figura 8)

**Figura 8**

*Zona reservada Chancay Baños*



Nota: En el mapa se muestra resaltado de color rojo la zona reservada Chancay Baños, de color gris el distrito de Chancay Baños. En el margen derecho se observa el mapa del Perú, donde hay un punto referencial de la ubicación de la zona reservada “Chancay Baños” en el país, este mapa fue tomado de la página web del (SERNANP, 2020).

### 3.2.2. Muestra

La muestra no probabilística, determinada por conveniencia, se conformó por seis muestras de agua recolectadas en cada estación de muestreo, antes de que esta sea distribuida a las pozas termales. Durante tres meses, se recolectaron muestras de agua termal, siguiendo el protocolo de aguas según “Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA” que aprueba el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, para determinar la calidad sanitaria de las aguas termales de “Chancay Baños”.

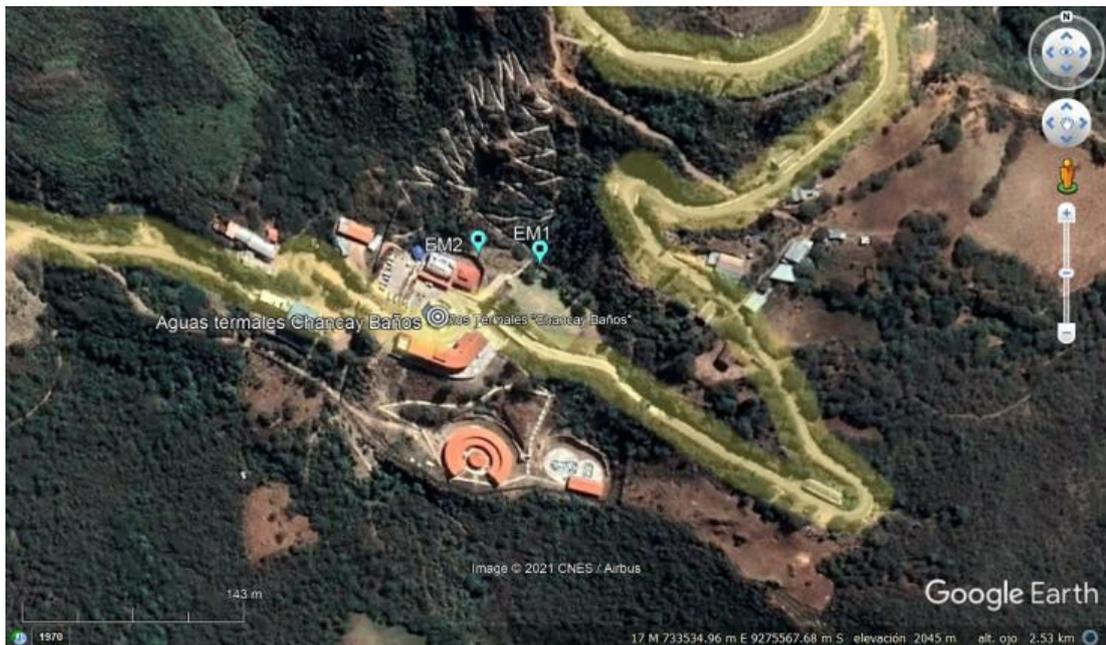
Para el análisis de las aguas termales “Chancay Baños” (Figura 9), se diferenció la existencia de dos buzones de abastecimiento, uno (1) encargado de abastecer a las recientes construidas piscinas termales, como parte del mejoramiento y ampliación de los servicios turísticos del mirador ecológico “Chancay Baños” (Figura 10), mientras que el otro buzón (2) abastece a las pozas termales antiguas, instalaciones que hasta la actualidad son utilizadas por los turistas, siendo así, la estación de monitoreo EM1, corresponde a buzón 1, ubicado en las coordenadas 733438 Este – 9275471 Norte, y la estación de monitoreo EM2, corresponde al buzón 2, ubicado en las coordenadas 733455 Este – 9275473 Norte. (Tabla 2)

Se recolectaron muestras simples según el proceso de la Figura 11, en las dos estaciones de muestreo (Tabla 3), la toma de muestras se realizó de manera manual a la entrada del agua a la poza hasta llenar el recipiente de ensayo. Para la extracción de las muestras de la fuente de agua termal “Chancay Baños”, se tomaron los criterios de la Resolución Jefatural. N° 010-2016-ANA, con la frecuencia mostrada en la Tabla 4.

Los ensayos físico-químicos y bacteriológicos que se realizaron al agua termal “Chancay Baños”, fueron temperatura, aceites y grasas, pH, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

## Figura 9

### Baños termales “Chancay Baños”



Nota: En la Figura se muestran los Baños Termales “Chancay Baños”, tomado del Google Earth.

## Figura 10

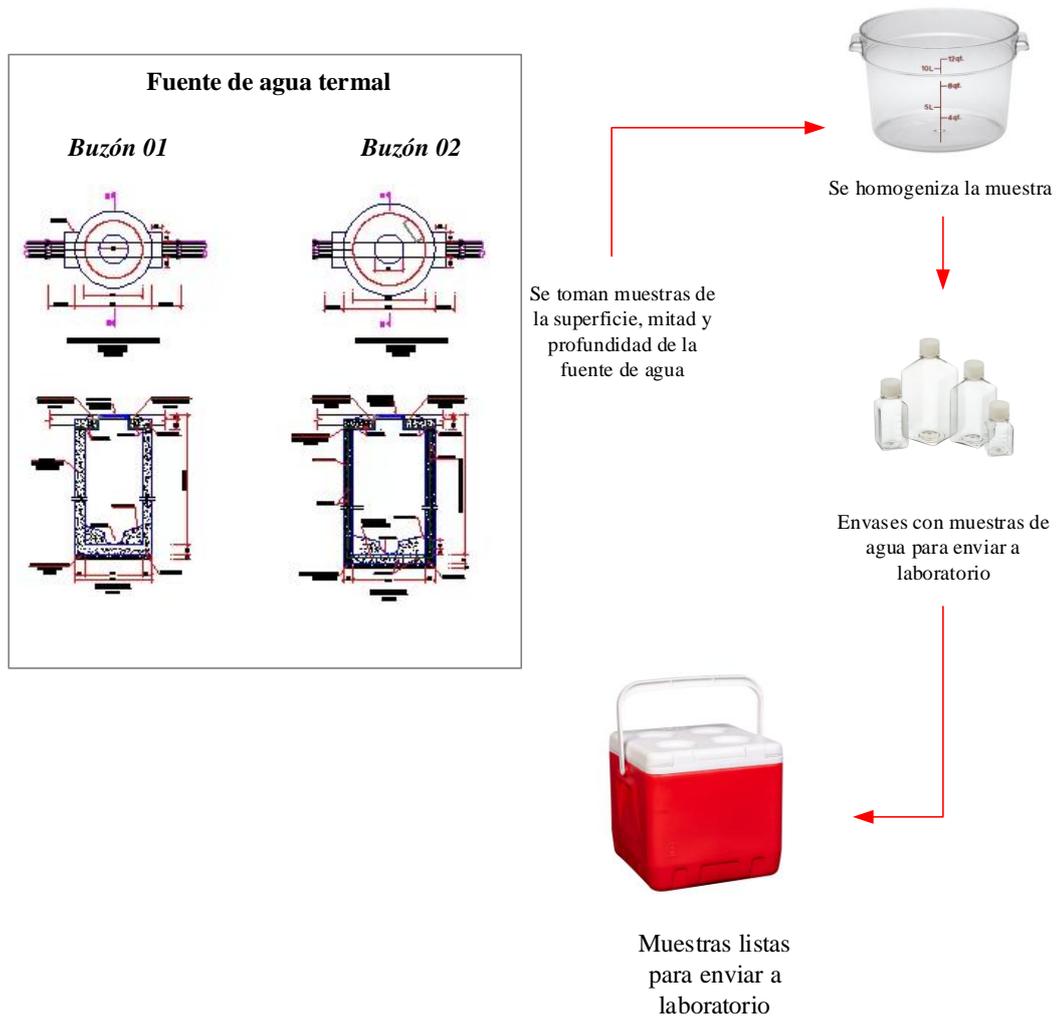
### Componentes del Mirador Ecológico Baños termales “Chancay Baños”



Nota: En la Figura, se muestra una vista 3D de los componentes (pozas termales, centro de hidroterapia y piscinas termales) recién remodelados del mirador ecológico Baños termales “Chancay Baños”.

**Figura 11**

*Proceso de extracción de muestras de agua*



Nota: En el gráfico, se muestra el proceso de muestreo del agua termal de la EM1 (buzón 01) y la EM2 (buzón 02), en ambas estaciones se han tomado las muestras, homogenizado, envasado y conservado para su traslado al laboratorio, dicho proceso se ha adaptado de “Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas” (Aznar, 2000) y “Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida” (Aurazo, 2004)

**Tabla 3***Estaciones de Monitoreo*

<b>Estación de monitoreo</b>	<b>Coordenadas</b>	
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
<b>EM1</b>	733455	9275473
<b>EM2</b>	733438	9275471

Nota: En la Tabla se describen las coordenadas UTM WGS84 17S, de las estaciones de monitoreo, para la toma de muestras, donde la EM1 abastece de agua a las piscinas termales nuevas y la EM2 abastece de aguas a las pozas termales antiguas.

**Tabla 4***Frecuencia de muestreo en las estaciones de muestreo*

<b>Mes</b>	<b>Frecuencia de muestreo</b>		<b>Número de muestreos</b>
	<b>Cada 15 días</b>	<b>Cada 15 días</b>	
Mes 1	1,00	1,00	2,00
Mes2	1,00	1,00	2,00
Mes 3	1,00	1,00	2,00
<b>Número de veces que se ha muestreado en cada estación de monitoreo</b>			<b>6,00</b>

Nota: En la Tabla se muestra la frecuencia de muestreo por cada estación EM1 y EM2, según frecuencia de ensayos por mes, y número de meses que se ha muestreado.

### 3.2.3. Muestreo

**Tabla 5**

*Criterios para la toma de muestra*

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>– La muestra de agua tiene que provenir de un afluente termal</li><li>– El punto de muestreo debe tener una muestra representativa de la fuente de agua.</li><li>– El recipiente para el recojo de muestras debe estar limpio, desinfectado y debe cumplir con las características adecuadas para el análisis microbiológico (250 mL).</li><li>– La muestra debe regirse al procedimiento estándar establecido en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA para recolección y preservación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Agua que no provenga de afluente termal.</li><li>– Punto de muestreo con poco afluente.</li><li>– Recipiente que no cumpla con las características requeridas.</li><li>– La recolección y preservación no adecuadas.</li></ul>

Nota: En la Tabla, se muestran los criterios de inclusión y exclusión para tomar las muestras de agua para los respectivos ensayos, según las disposiciones de la Resolución Jefatural. N° 010-2016-ANA.

### 3.3. Equipos, materiales e insumos

**Para ensayo en campo:**

- Multiparámetro HANNA calibrado
- Cuaderno de registro en campo
- GPS (Sistema de posicionamiento global)
- Guantes
- Reloj
- Cámara fotográfica

**Para toma y traslado de muestras:**

- Cadena custodia
- Envases de muestreo
- Cooler
- Guantes
- GPS (Sistema de posicionamiento global)
- Cámara fotográfica

**Para procesamiento en gabinete**

- Computadora portátil
- Impresora
- Materiales de oficina

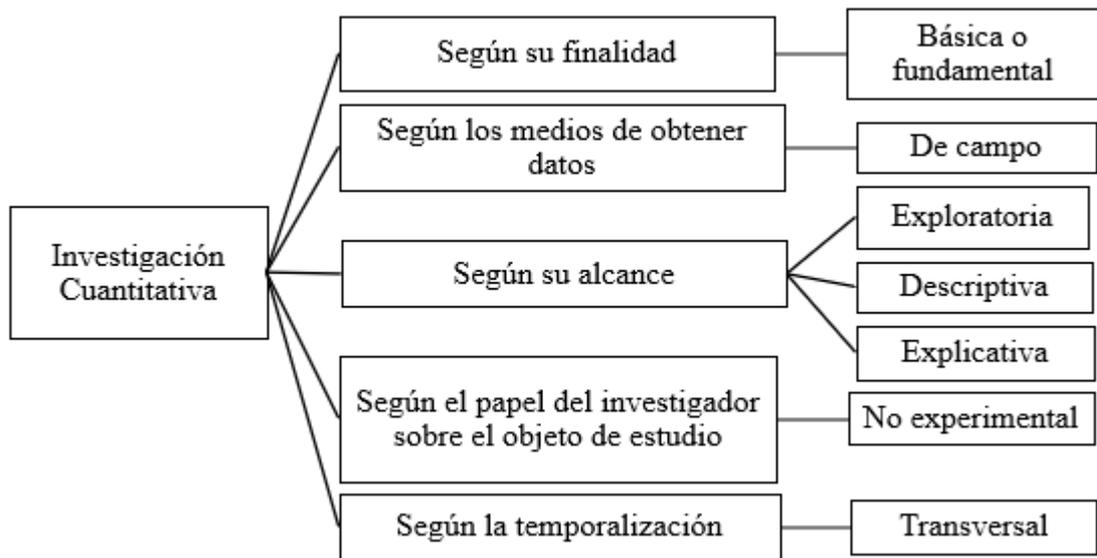
### **3.4. Metodología de la investigación**

#### **3.4.1. Tipo de investigación**

El proceso de la exploración es cuantitativo descriptivo, se ha dirigido a explorar, describir y explicar (Hernández, et. al, 2014) las cuantificaciones físico-químicas y microbiológicas del agua termal de Chancay Baños, para definir su calidad según los ECA.

**Figura 12**

*Niveles de investigación*



Nota: En la Figura, se muestran los niveles de la investigación cuantitativa, según su finalidad, medios de obtener datos, alcance, papel del investigador y temporalización, adaptados de (Aznar, 2000).

### 3.4.2. *Diseño de investigación*

El diseño es no experimental descriptivo simple, se describe lo observado tal como se presenta.

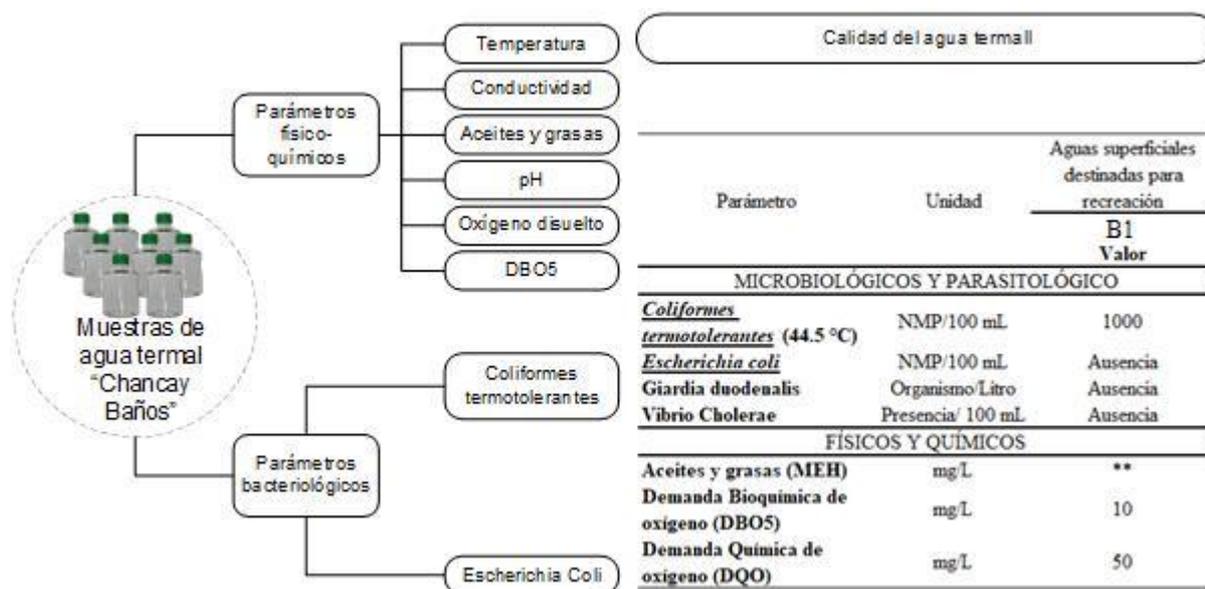
$$M \leftarrow O \rightarrow R$$

Donde:

- M= Muestra
- O= Observación
- R= Resultado

**Figura 13**

*Diseño de investigación descriptivo*



Nota. En el gráfico, se muestra el diseño de investigación descriptivo simple, en el que se determina por medio de la observación y la realización de los ensayos físico-químicos y bacteriológicos, los parámetros del agua termal, a fin de compararlo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) dados en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, para el agua destinada a recreación.

### 3.4.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.3.1. Técnicas

**Observación.** Ha permitido recopilar datos del problema visualizándolo, dilucidándolo y formando epílogos al respecto. El objetivo es delimitar las características del área de estudio y registrar los datos encontrados.

**Trabajo de campo.** Estuvo integrado por la ejecución de ensayos físico químico y microbiológico que serán recopilados in situ, utilizando un multiparámetro calibrado y un balde limpio y transparente para el control de la Temperatura (°C) y pH; la lectura de estos parámetros se realizó de manera inmediata después de recolectar la muestra.

Para los ensayos de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se realizó la colecta del agua en frascos estériles de 1000 mL de capacidad directamente del punto de muestreo, siguiendo el procedimiento estándar establecido en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA para la recolección y preservación, posteriormente se selló y envolvió la tapa con papel y liga, se colocó la hora, el día el punto de muestreo, para luego trasladar al Laboratorio Regional de Agua – Cajamarca, en un cooler para su posterior análisis.

Los ensayos que se realizaron son:

- Aceites y grasas (NTP 214.048)
- Potencial de hidrógeno - pH (NTP 214.029)
- Temperatura (NTP 214.050)
- Oxígeno disuelto (NTP 214.045 y/o NTP 214.046)
- DBO<sub>5</sub> - Demanda bioquímica de oxígeno (NTP 214.037)
- Coliformes Termotolerantes (NTP 214.032)
- *Escherichia coli*

**Comparación.** La comparación es el papel y el efecto de comparar, es decir medir las diferencias y similitudes entre los resultados de cada ensayo, y primordialmente el contraste de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua termal con los ECA-Agua Decreto Supremo N° 004 - 2017 – MINAM.

#### ***3.4.3.2. Instrumentos***

**Guía de observación.** Para el estudio se utilizó como instrumento las normas técnicas peruanas (NTP 214.048, NTP 214.029, NTP 214.050, NTP 214.045 y/o NTP 214.046, NTP 214.037 y NTP 214.032), porque sirvieron de guía metodológica para la realización de los ensayos físico-químicos y microbiológicos del agua termal.

Todos los procedimientos que se han observado en campo o en laboratorio han sido retratados mediante la fotografía, así el lector puede visualizar los procesos observados por la tesista.

**Cadena de custodia.** En este formato se llenó la información indicando lo siguiente: “parámetros a evaluar, tipo de frasco, tipo de muestra de agua, volumen, número de muestras, reactivos de preservación, condiciones de conservación, operador del muestreo”.

**Hoja de comparación.** La hoja de comparación de resultados representa la comparación de las cuantificaciones promedio establecidos en los ECA del Decreto Supremo N° 004 - 2017 – MINAM.

#### 3.4.4. *Procesamiento de recolección de datos*

**Selección de estaciones o puntos de muestreo.** El punto de control debe ser identificado con facilidad y de forma exacta, se ha georreferenciado los puntos utilizando el Sistema de Posición Global (GPS) expresado en sistema de coordenadas UTM (WGS 84), así mismo se ha identificado puntos de referencia que permitan localizar de manera rápida los puntos de muestreo.

**Medición de los parámetros de campo in situ.** Han sido los especificados en la siguiente tabla:

**Tabla 6**

*Medición de parámetros de campo*

<b>Parámetro</b>	<b>Equipos de laboratorio</b>
Temperatura	Multiparámetro
Potencial de Hidrógeno	Multiparámetro

Nota: En la Tabla, se muestran los equipos de laboratorio para la medición de los parámetros de campo (in situ), tales como: temperatura y potencial de hidrógeno.

**Toma de muestras para envío a laboratorio.** Los parámetros que no pueden ser medidos en campo tales como Aceites y Grasas, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* han sido enviados al Laboratorio Regional de Agua – Cajamarca para su análisis correspondiente. Se recolectó la muestra cada una en un recipiente adecuado, se adicionó preservante para aquellos parámetros (Aceites y grasas) que lo solicitaban.

**Tabla 7**

*Tipo de envase, preservación y tiempo de preservación*

<b>Parámetro</b>	<b>Tipo de recipiente</b>	<b>Preservación</b>	<b>Tiempo de preservación</b>
Aceites y Grasas	Vidrio, Boca ancha	Acidificar a pH 1-2 con HCl, HNO <sub>3</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes
Oxígeno disuelto	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas, almacenar a oscuras	24 horas
DBO <sub>5</sub>	Plástico o vidrio	Llenar recipiente y sellar sin burbujas, almacenar a oscuras	24 horas
Coliformes termotolerantes	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo, almacenar a ≤ 6° C en oscuridad	24 horas
<i>Escherichia coli</i>	Vidrio estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo, almacenar a ≤ 6° C en oscuridad	24 horas

Nota: En la Tabla se muestra el tipo de recipiente de recolección de la muestra de agua, la preservación y el tiempo de preservación, según el tipo de parámetro a ensayar, tomado de la Resolución Jefatural N° 010-2016- ANA.

**Etiquetado, rotulado, llenado de la cadena de custodia y transporte de las muestras.** Una vez realizada la recolección de la muestra se procedió a etiquetar y rotular los envases colocando la información que se detalla en la siguiente etiqueta.

**Figura 14**

*Etiqueta de los envases*

<b>Solicitante/cliente:</b>	
<b>Nombre laboratorio:</b>	
<b>Código punto de monitoreo:</b>	
<b>Tipo de cuerpo de agua:</b>	
<b>Fecha de muestreo:</b>	<b>Hora</b>
<b>Muestreado por:</b>	
<b>Parámetro requerido:</b>	
<b>Preservada: SI</b> <input type="checkbox"/> <b>NO</b> <input type="checkbox"/>	<b>Tipo reactivo:</b>

Nota: En la Figura se muestra los datos que debe tener la etiqueta para los envases de recolección de las muestras de agua según la Resolución Jefatural N° 010-2016- ANA.

Luego se llenó la cadena de custodia, en este documento queda explícito toda la actividad que el analista realiza en campo, nos permite registrar toda la información durante el monitoreo de la calidad de agua y realizar un seguimiento de las muestras tomadas.

Para el transporte de las muestras se utilizó un cooler el cual contiene envases de hielo para conservar la muestra hasta su llegada al laboratorio de manera que se asegure su traslado y que estas se mantengan en óptimas condiciones para ser ensayadas.

**Ensayos en laboratorio acreditado.** Las muestras han sido analizadas por un laboratorio acreditado en esta ocasión serán transportadas hasta el laboratorio regional de Aguas- Cajamarca para el análisis de (Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*), juntamente con la cadena de custodia

conteniendo toda la información necesaria, luego se esperará el tiempo designado por el laboratorio acreditado para el envío de resultados de las muestras.

**Comparación con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs).** Una vez obtenido los resultados los siete parámetros analizados tanto fisicoquímicos (Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Aceites y Grasas, DBO<sub>5</sub>) como microbiológicos (Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*) serán contrastados con los ECAS para aguas, subcategoría B1 “Aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario”, con la finalidad de evaluar si las aguas termales de uso recreacional cumplen o no con la normativa nacional.

### 3.5. Análisis estadístico

Se ha utilizado el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, para verificar que los resultados obtenidos de las muestras fisicoquímicas y microbiológicas del agua termal Chancay Baños – Santa Cruz, cumplan con los estándares de calidad ambiental.

Para determinar la confiabilidad y uniformidad de los resultados se ha aplicado la estadística descriptiva (Wolpole, et. al, 2012, pp. 11 – 24), para ello se calculó la media, mediana, varianza y desviación estándar, con el fin de dividir la desviación estándar y la media para encontrar el coeficiente de variación, en el software Microsoft Excel 2016.

Según Wolpole et. al (2012) “sí el coeficiente de variación es menor a 10% los datos de diferentes muestreos son uniformes”, pero si este valor es superior significa que existe dispersión o un rango amplio de oscilación de los parámetros.

$$\text{Media muestral} \rightarrow x = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$\text{Varianza de la muestra} \rightarrow S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$\text{Desviación estándar de la muestra} \rightarrow S = \sqrt{S^2}$$

“La correlación mide la relación de dos variables y la regresión lo representa en una ecuación” (Amat, 2016). Para estudiar la relación lineal es preciso situar parámetros que indiquen el grado de covarianza, tales como: el coeficiente de Pearson y Rho de Spearman, los cuales varían entre +1 y -1, siendo:

- 0 = *asociación nula*
- 0.1 *asociación pequeña*
- 0.3 = *asociación mediana*
- 0.5 = *asociación moderada*
- 0.7 = *asociación alta*
- 0.9 = *asociación muy alta*

Así mismo, obtenidos los resultados de los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos a las muestras del agua termal, se realizó el análisis ANOVA en el software Minitab 19.

$$\text{Media global} \rightarrow \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} x_{ij}}{n}$$

$$\text{Variación total} \rightarrow SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2$$

$$\text{Variación intra - grupos} \rightarrow SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$$

$$\text{Variación inter - grupos} \rightarrow SCT = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2 n_j$$

Siendo:  $x_{ij}$  el  $i$ -ésimo valor de la muestra  $j$ -ésima;  $n_j$  el tamaño de dicha muestra y  $\bar{x}_j$  su media.

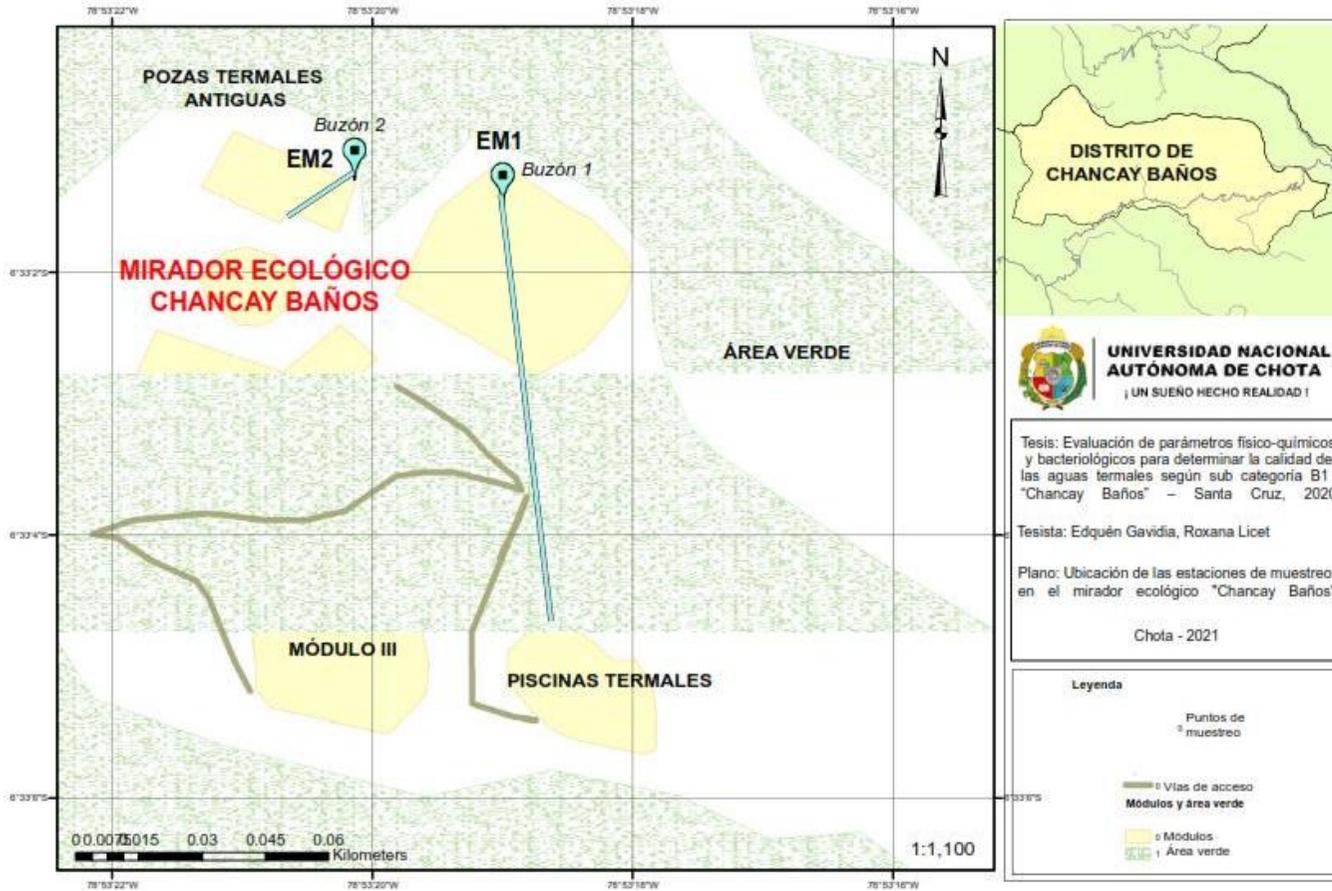
## **CAPÍTULO IV.**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para el análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, se tuvieron dos estaciones de muestreo, la EM1, abastece a las piscinas termales construidas recientemente como parte del mejoramiento del área turística Mirador Ecológico Chancay Baños, mientras que la EM2, abastece a las pozas termales antiguas, que aún son utilizadas por los turistas que concurren a la zona reservada. La temperatura y el pH se determinó por medio del multiparámetro calibrado de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, mientras que los parámetros físicos: concentración de oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, y los parámetros bacteriológicos: Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, se acudió al “Laboratorio Regional del Agua” en la ciudad de Cajamarca. Se realizaron seis muestreos cada 15 días, desde el 07 de enero al 25 de marzo del 2021 entre las 7:00 y 8:30 de la mañana.

**Figura 15**

*Ubicación de las estaciones de muestreo y áreas de abastecimiento*



Nota: En el mapa del "Mirador ecológico Chancay Baños" se observa la ubicación de las estaciones de muestreo y las áreas a las que abastece cada buzón de muestreo, donde la EM-01 (buzón 1) abastece a las piscinas termales, y la EM-02 (buzón 2) abastece a las pozas termales antiguas.

## **4.1. Parámetros físico-químicos en las aguas termales “Chancay Baños”**

### **4.1.1. Temperatura**

“La temperatura es el parámetro que define la clasificación térmica del agua en base a su escala de calor” (Collazos, 2012). El agua termal del mirador ecológico “Chancay Baños”, durante los meses de enero, febrero y marzo, en la EM1 alcanza valores mínimos y máximos de 40,63 °C y 40,65 °C, respectivamente, mientras que en la EM2 el agua alcanza temperaturas de 39,76 °C a 40 °C en los mismos meses, tal como se puede observar en la Tabla 8.

La temperatura del agua a menos de 30 m de profundidad se ve afectada por factores externos (Masías, 2018), como la temperatura ambiente, la elevación u otros, pero, según el análisis las temperaturas alcanzadas por cada estación presentan variaciones mínimas según la fecha de muestreo, por lo que se puede deducir que, durante los meses de enero, febrero y marzo, se tienen temperaturas constantes en el agua termal. Así mismo, los valores de temperatura de la EM1 y EM2 son cercanos con una variación de tan solo 5 °C a favor de la EM1, por lo que según Simon et. al (2019) indicarían el mismo origen de la fuente termal, y según Masías (2018) estarían ubicadas a una profundidad semejante.

Alfred & Rao (2019) aseveran que la temperatura del agua subterránea aumenta con la profundidad de origen entre rocas en la corteza terrestre, por ende, el agua termal captada por el buzón 1 y buzón 2 en el mirador ecológico “Chancay Baños” aflorarían de una misma fuente en trayectos cercanos. La temperatura promedio del agua termal muestreada en la EM1 y EM2, equivalente a 40,64 °C y 39,91 °C, respectivamente, está dentro del rango de 35,00 °C a 45,00 °C, por tanto, según De La Riva (2017) y Collazos (2012) el agua termal “Chancay Baños” se clasifica según su temperatura como Mesotermal, o también denominada agua cálida

por Valcheva e Ignatov (2019). La temperatura según Mishra y Tiwari (2013), Goldscheider et. al (2010) y Lu, et. al (2007) permite predecir otros parámetros físico-químicos del agua termal, como el oxígeno disuelto, el DBO<sub>5</sub> y la conductividad eléctrica.

**Tabla 8**

*Temperatura del agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo	Fecha de muestreo de agua termal	Temperatura (°C)	
		EM1	EM2
M1	7/01/2021	40,63	39,98
M2	22/01/2021	40,64	39,92
M3	8/02/2021	40,65	39,76
M4	23/02/2021	40,64	39,99
M5	10/03/2021	40,64	40,00
M6	25/03/2021	40,64	39,81
	Máx.	40,65	40,00
	Mín.	40,63	39,76
	Prom.	40,64	39,91
	Desv. Est.	0,01	0,10
	C.V.	0,02%	0,26%

Nota: En la Tabla, se muestra la temperatura del agua termal “Chancay Baños” según estación de muestreo y fecha de muestreo.

Determinados los valores de la temperatura del agua termal “Chancay Baños” se ha medido la relación de este parámetro con otros parámetros de caracterización del agua de uso para recreación, con lo que se ha llegado a determinar según la Tabla 9, que la temperatura tiene correlación moderada con el pH ( $R^2$  0,4045), correlación alta con el oxígeno disuelto ( $R^2$  0,7568), coliformes termotolerantes ( $R^2$  0,7661), *Escherichia coli* ( $R^2$  0,7046), por tanto, la temperatura cambia según la estación de muestreo (EM1 y EM2), así mismo la temperatura se ve influenciada por la

concentración de los parámetros microbiológicos y la concentración de oxígeno disuelto. Fustamante (2020), determinó tal como en la presente investigación, que efectivamente la temperatura y el oxígeno disuelto tienen una correlación inversa significativa, lo que indica que el incremento del oxígeno disuelto  $\text{mgL}^{-1}$  en las aguas termales de “Chancay Baños” induce a que la temperatura disminuya, y viceversa.

**Tabla 9**

*Relación de la temperatura con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal*

Modelo de la temperatura en relación con otros parámetros	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
pH	0,313542	40,45%	34,50%	18,91%
Oxígeno disuelto	0,200387	75,68%	73,24%	65,35%
Coliformes termotolerantes	0,196502	76,61%	74,27%	63,30%
<i>Escherichia coli</i>	0,220838	70,46%	67,50%	52,61%

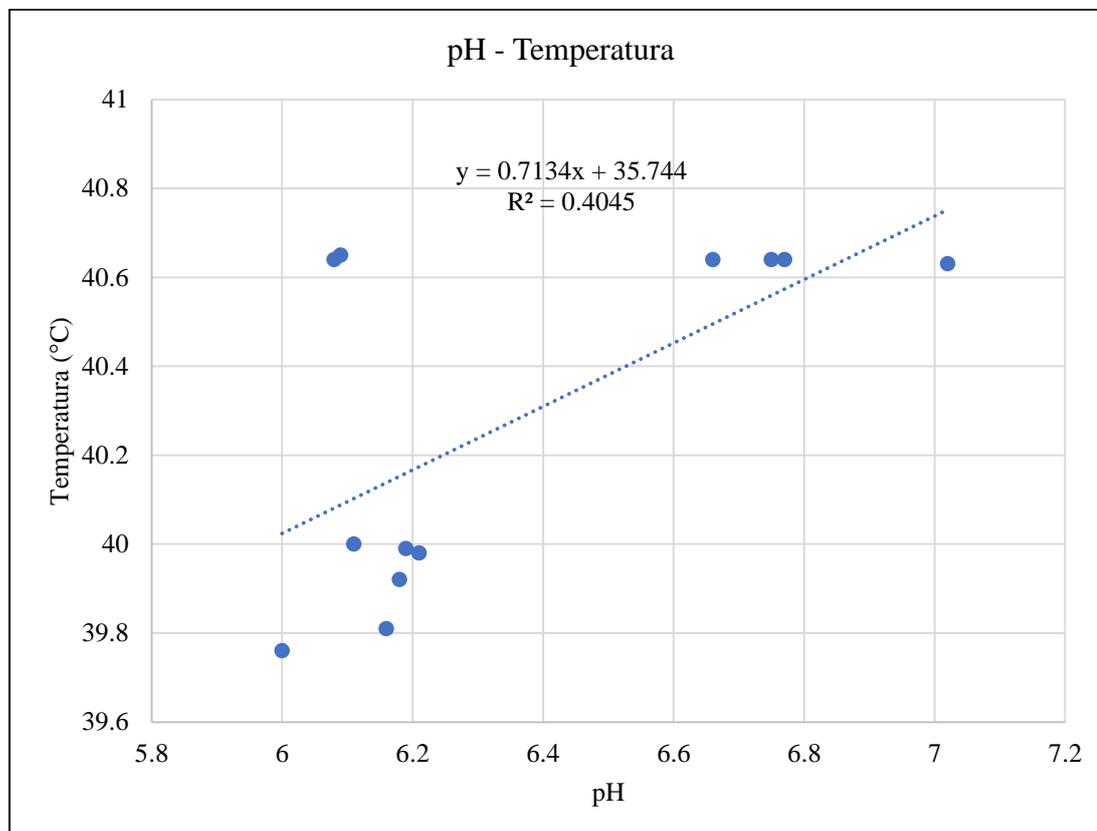
Nota: En la Tabla se presenta el coeficiente de correlación (R-cuad) de la temperatura con el pH, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, lo que permite establecer si existe relación significativa entre la temperatura y alguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

En la Figura 16, se muestra la gráfica de correlación directa entre la temperatura y el pH, donde se observa que, a mayor valor de pH, mayor temperatura, así mismo, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,4045. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de pH con el cual se podría proyectar el valor de la temperatura, representada en el modelo

lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta.

### Figura 16

Gráfica de correlación entre temperatura en relación al pH



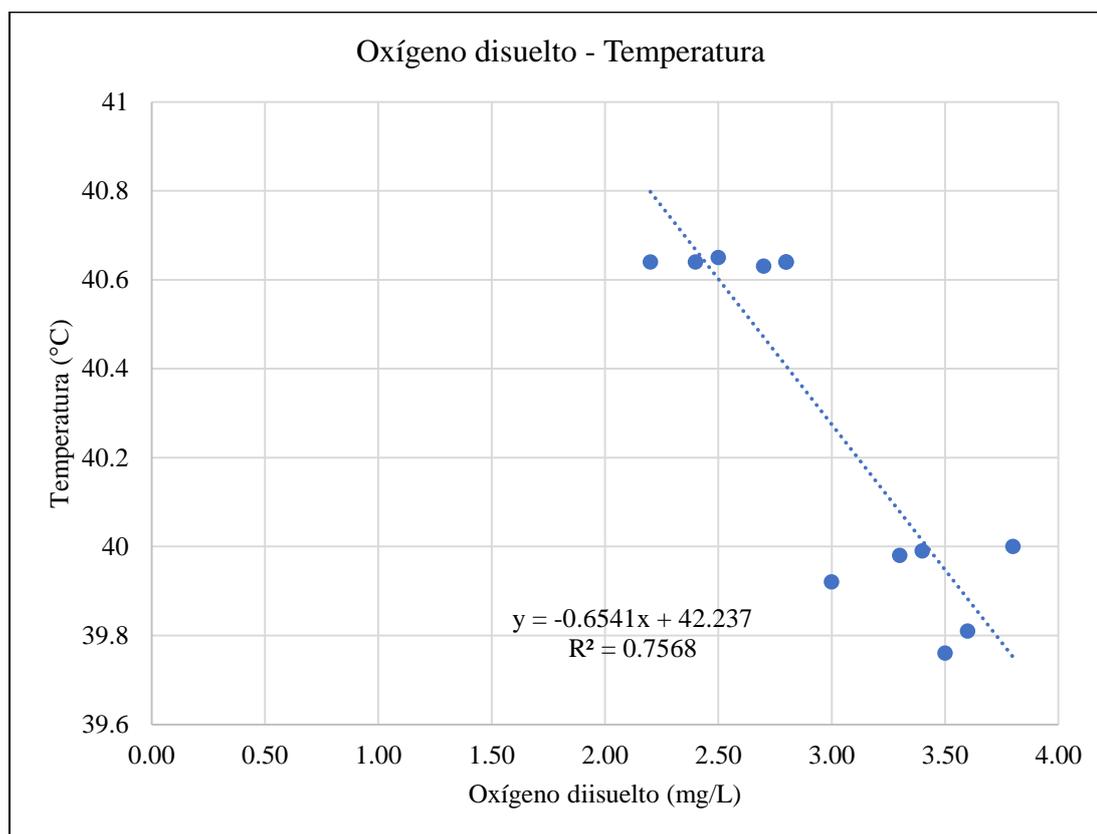
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” pH y la “variable y” Temperatura, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 17, se muestra la gráfica de correlación inversa entre la temperatura y el oxígeno disuelto, donde se observa que, a mayor valor de oxígeno disuelto, menor temperatura, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con un valor que asciende a 0,7568. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de oxígeno disuelto con el cual se podría proyectar el valor de la temperatura, representada en el modelo lineal como “y”. Con la ecuación del

modelo lineal se puede proyectar el valor de la temperatura, con solo conocer el valor del oxígeno disuelto del agua termal “Chancay Baños”, debido a que la correlación es alta.

**Figura 17**

*Gráfica de correlación entre temperatura y oxígeno disuelto*



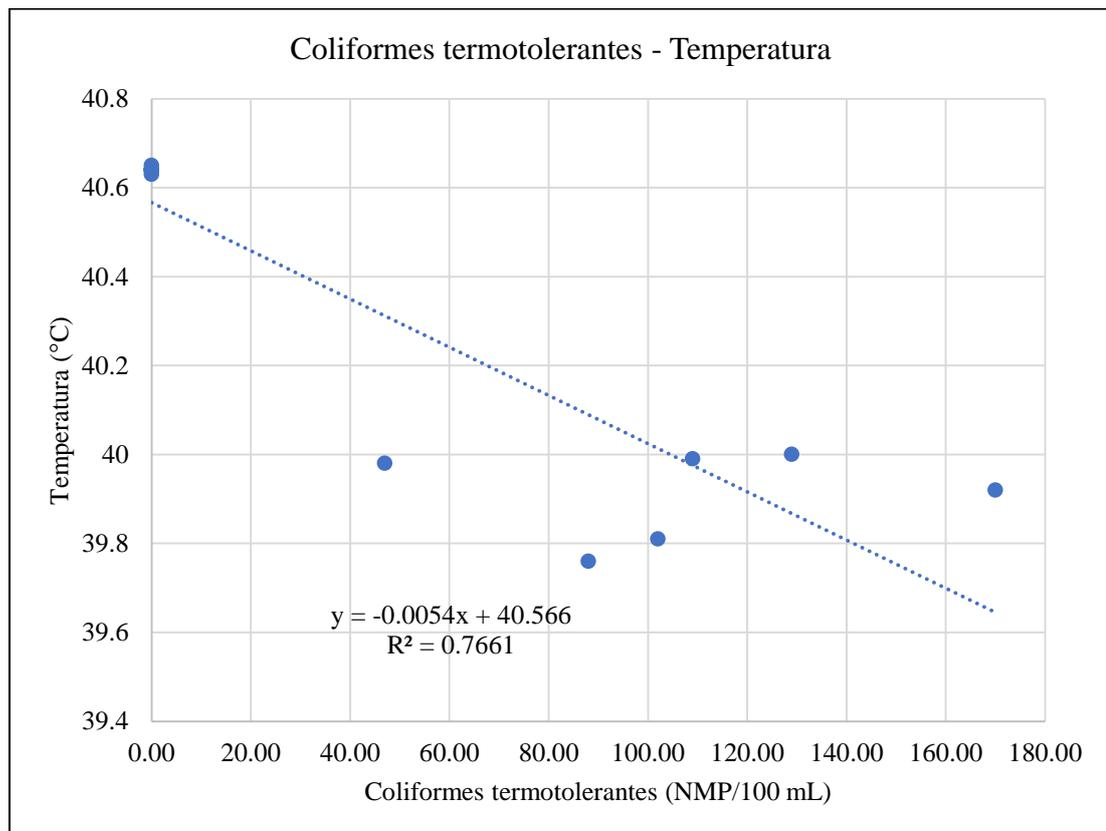
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” oxígeno disuelto y la “variable y” Temperatura, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 18, se muestra la gráfica de correlación inversa entre la temperatura y las coliformes termotolerantes, donde se observa que, a mayor valor de coliformes termotolerantes, menor temperatura, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con un valor que asciende a 0,7661. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de coliformes termotolerantes con el cual se

puede proyectar el valor de la temperatura, representada en el modelo lineal como “y”. No obstante, cuando no existen coliformes termotolerantes, tal como se da el caso en la EM1, no existe correlación entre los datos, por lo que la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar el valor de la temperatura del agua termal de “Chancay Baños” solo cuando este valor es mayor a cero.

**Figura 18**

*Gráfica de correlación entre temperatura y coliformes termotolerantes*



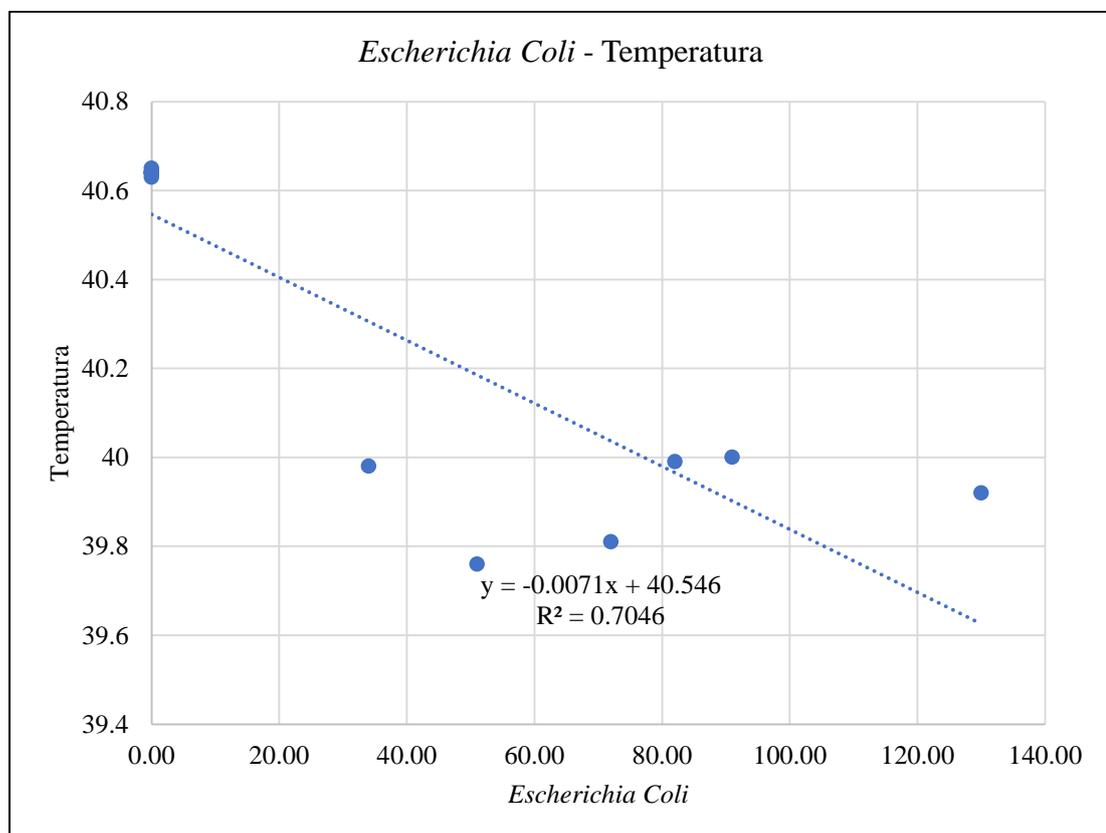
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” coliformes termotolerantes y la “variable y” Temperatura, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 19, se muestra la gráfica de correlación inversa entre la temperatura y la *Escherichia coli*, donde se observa que, a mayor valor de *Escherichia coli*, menor temperatura, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con

un valor que asciende a 0,7661. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de *Escherichia coli* con el cual se puede proyectar el valor de la temperatura, representada en el modelo lineal como “y”. No obstante, cuando no existe *Escherichia coli*, tal como se da el caso en la EM1, no existe correlación entre los datos, por lo que la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar el valor de la temperatura del agua termal “Chancay Baños” solo cuando este valor es mayor a cero.

**Figura 19**

*Gráfica de correlación entre temperatura y Escherichia coli*



Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” *Escherichia coli* y la “variable y” Temperatura, para determinar la relación entre estos parámetros.

#### **4.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)**

“El potencial de hidrógeno (pH) es uno de los parámetros de mayor importancia para aguas de uso recreacional” (Vargas, 2018). En el Mirador Ecológico “Chancay Baños”, el agua termal de la estación EM1, encargada de abastecer a las piscinas termales, presenta valores pH de 6,08 a 7,02 mientras que el agua de la EM2, que abastece a las pozas termales antiguas, alcanza valores de pH de 6,00 a 6,21, lo que representa un pH promedio para la estación EM1 y EM2 de 6,56 y 6,14 unidades de pH, respectivamente, por tanto el pH es neutro, sin embargo, estos valores indican un rango bajo pero apreciable de acidez en el agua y mediana concentración de iones de hidrogeno (Vargas et. al, 2019).

La acidez del agua puede irritar los ojos y la piel, además de generar un daño prematuro del cemento o acero en las canalizaciones (Simon et. al, 2019), lo que se asociaría a dificultades primarias, como “sabor metálico o amargo del agua, manchas en la ropa y coloración azul-verde en tuberías” (Masías, 2018).

La estación de muestro EM1 corresponde al buzón 1, del nuevo proyecto de mejoramiento de la infraestructura turística que incluye el proceso de cloración del agua por medio de un reservorio, mientras que, la estación de muestreo EM2, corresponde al buzón 2, el cual esta descubierta, por tanto, para evitar que el valor pH siga disminuyendo, se tiene que mantener un buen estado de limpieza y protección de las canalizaciones, evitando el uso de cloro en tabletas, debido a que contiene ácido triclorisocianúrico, que tiende a acidificar el agua (Alfred & Rao, 2019), así mismo, si el problema persiste se podría considerar el uso de un neutralizador como es el caso del carbonato de calcio. No obstante, en base al Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, el agua de la fuente termal “Chancay Baños”, se clasifica como neutra a ácido débil, debido a que cumple con el límite máximo permisible (6 a 9 unidades de

pH) para la categoría I, subcategoría B1, recreación de contacto primario. En otras palabras, el agua termal “Chancay Baños” puede ser utilizada en pozas y piscinas de natación, sin exceder al lapso de una hora de exposición para evitar la irritación en la piel, tal como aseveran Vargas (2018), Ashraf et. al (2010), Hinwood et. al (2012) y Klosok-Bazan (2016).

**Tabla 10**

*pH del agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo	Fecha de muestreo de agua termal	pH	
		EM1	EM2
M1	7/01/2021	7,02	6,21
M2	22/01/2021	6,77	6,18
M3	8/02/2021	6,09	6,00
M4	23/02/2021	6,75	6,19
M5	10/03/2021	6,66	6,11
M6	25/03/2021	6,08	6,16
	Máx.	7,02	6,21
	Mín.	6,08	6,00
	Prom.	6,56	6,14
	Desv. Est.	0,39	0,08
	C.V.	5,91%	1,26%

Nota: En la Tabla, se muestran los valores de pH del agua termal “Chancay Baños”, según estación de muestreo y fecha de muestreo.

Determinados los valores del pH del agua termal “Chancay Baños” se ha medido la relación de este parámetro con otros parámetros de caracterización del agua de uso para recreación, con lo que se ha llegado a determinar según la Tabla 11, que el pH tiene correlación moderada con la estación de muestreo ( $R^2$  0,4033), temperatura ( $R^2$  0,4045) y el oxígeno disuelto ( $R^2$  0,4026), mientras que con las coliformes termotolerantes ( $R^2$  0,3228), Escherichia coli ( $R^2$  0,2908), tiene asociación

pequeña a mediana, por tanto, el valor pH es independiente, no depende de la estación de muestreo ni de la variación de los parámetros bacteriológicos o físico-químicos. Esto concuerda con el estudio de Fustamante (2020) donde el pH no presenta relación significativa con la temperatura y oxígeno disuelto.

**Tabla 11**

*Relación del pH con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal*

Resumen del modelo del pH en relación con otros parámetros	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Temperatura	0,279531	40,45%	34,50%	14,68%
Oxígeno disuelto	0,279981	40,26%	34,29%	19,94%
Coliformes termotolerantes	0,298088	32,28%	25,51%	3,28%
Escherichia coli	0,305052	29,08%	21,99%	0,00%

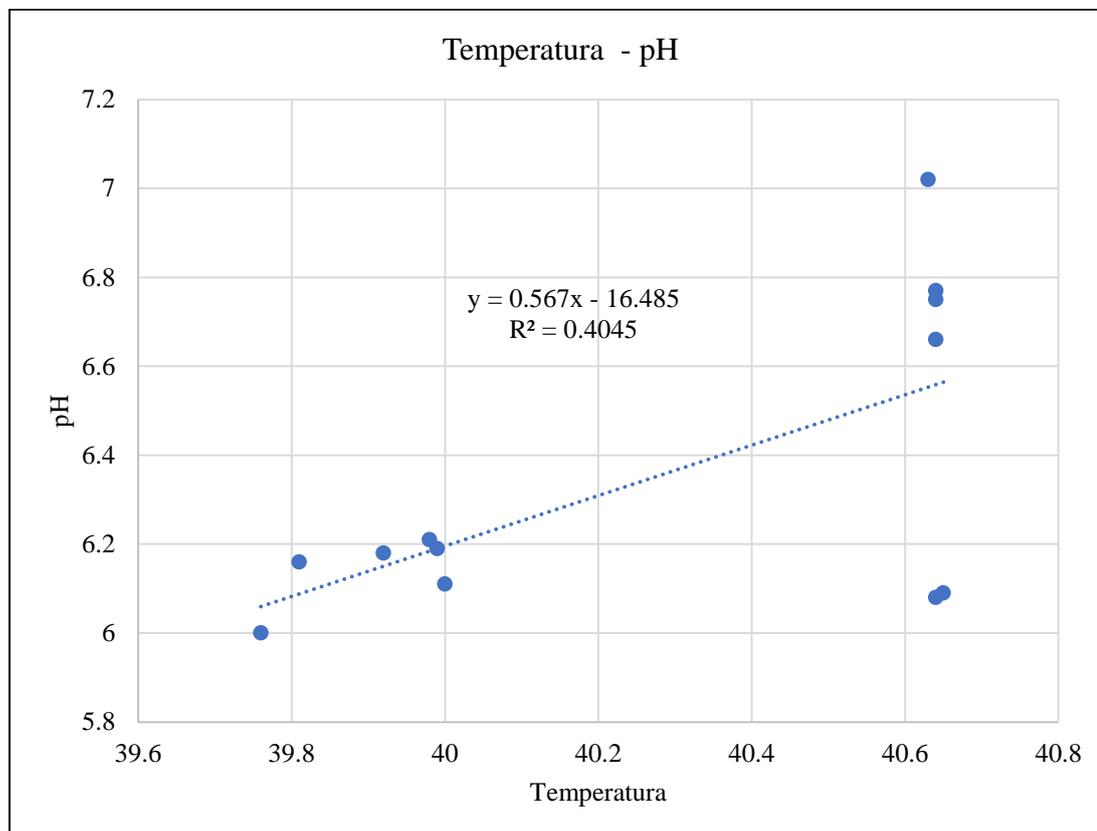
Nota: En la Tabla se presenta el coeficiente de correlación (R-cuad) del pH con la temperatura, oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, lo que permite establecer si existe relación significativa entre el pH y alguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal.

En la Figura 20, se muestra la gráfica de correlación directa entre el pH y la temperatura, donde se observa que, a mayor valor de temperatura, mayor pH, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,4045. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de temperatura con el cual se podría proyectar el valor del pH, representada en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para

proyectar el valor de pH del agua termal “Chancay Baños” tomando como base la temperatura o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

### Figura 20

Gráfica de correlación entre pH y temperatura



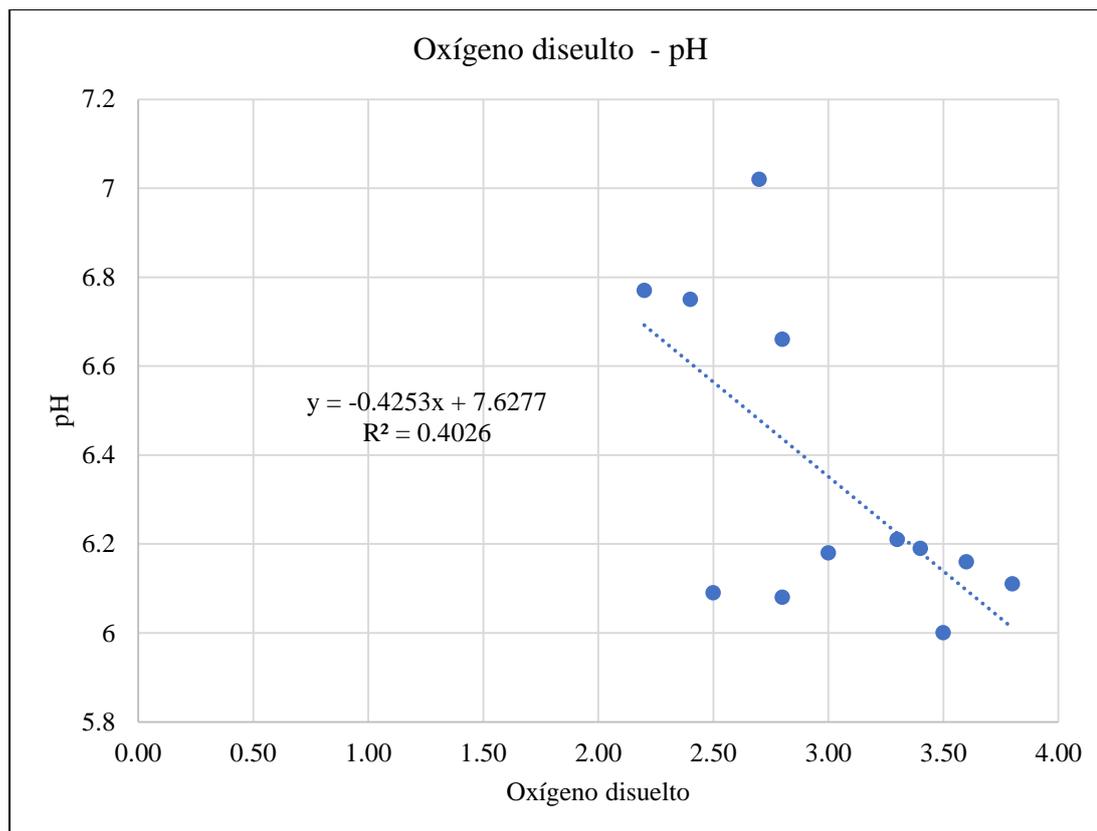
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” temperatura y la “variable y” pH, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 21, se muestra la gráfica de correlación inversa entre el pH y el oxígeno disuelto, donde se observa que, a mayor valor de oxígeno disuelto, menor pH, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,4026. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de oxígeno disuelto con el cual se podría proyectar el valor del pH, representada en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada

en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de pH del agua termal “Chancay Baños” tomando como base el oxígeno disuelto o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 21**

*Gráfica de correlación entre pH y oxígeno disuelto*



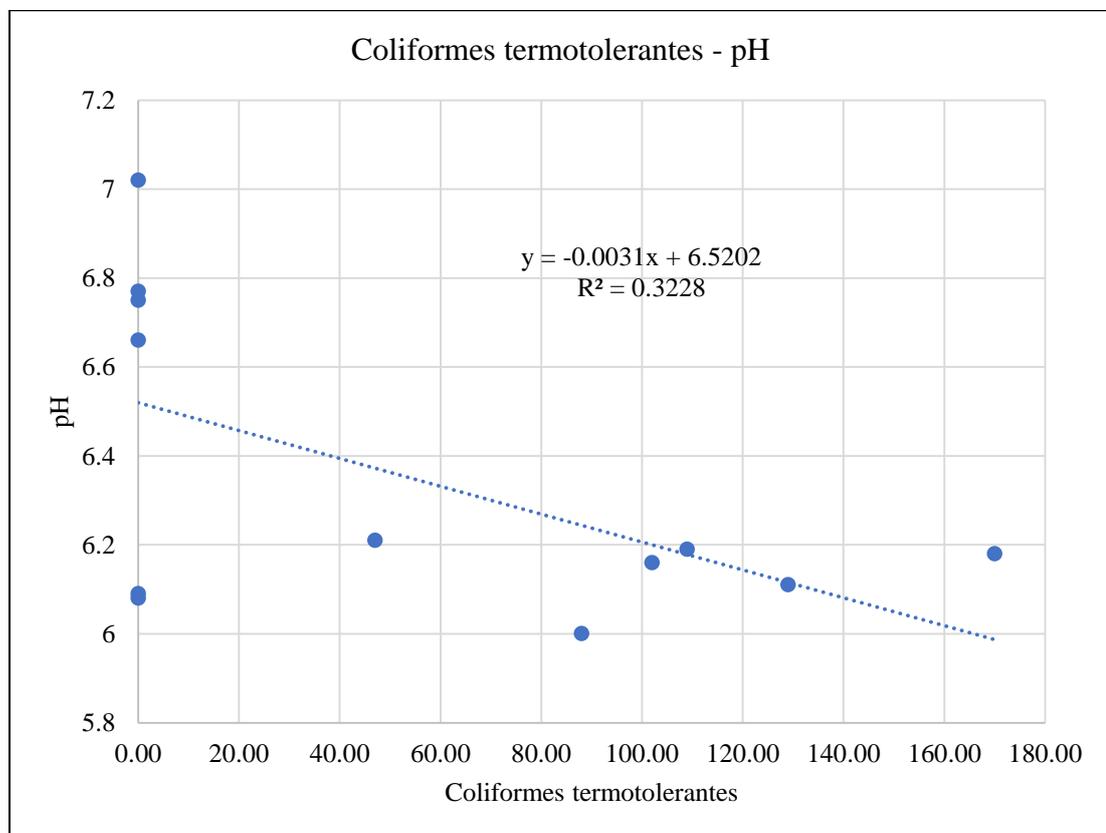
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” oxígeno disuelto y la “variable y” pH, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 22, se muestra la gráfica de correlación inversa entre el pH y coliformes termotolerantes, donde se observa que, a mayor cantidad de coliformes termotolerantes, menor pH, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es bajo con un valor que asciende a 0,3228. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x”

representa el valor de coliformes termotolerantes con el cual se podría proyectar el valor del pH, representada en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de pH del agua termal “Chancay Baños” tomando como base la cantidad de coliformes termotolerantes o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 22**

*Gráfica de correlación entre pH y coliformes termotolerantes*



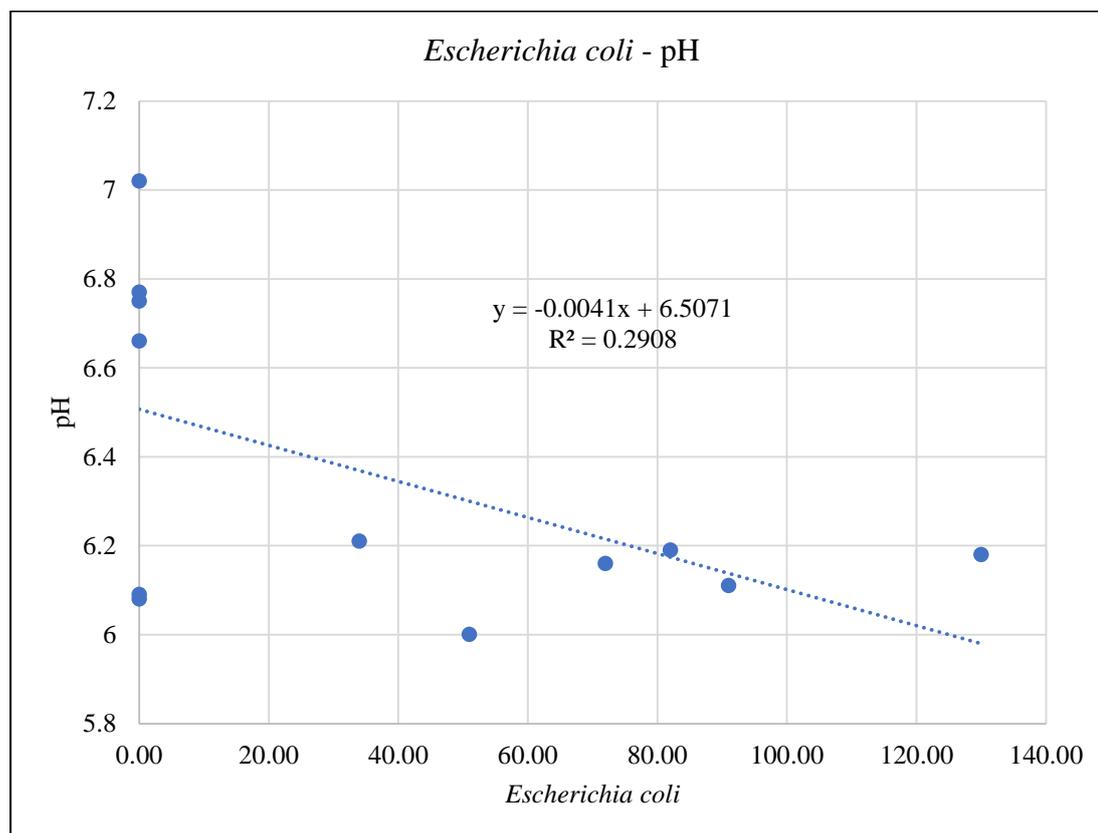
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” coliformes termotolerantes y la “variable y” pH, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 23, se muestra la gráfica de correlación inversa entre el pH y *Escherichia coli*, donde se observa que, a mayor cantidad de *Escherichia coli*, menor pH, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo

que el factor de correlación ( $R^2$ ) es bajo con un valor que asciende a 0,2908. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de *Escherichia coli* con el cual se podría proyectar el valor del pH, representada en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de pH del agua termal “Chancay Baños” tomando como base la cantidad de *Escherichia coli* o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

### Figura 23

Gráfica de correlación entre pH y *Escherichia coli*



Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” *Escherichia coli* y la “variable y” pH, para determinar la relación entre estos parámetros.

### 4.1.3. Concentración de aceites y grasas

“Los aceites y grasas en el agua tienen una mayor tendencia a oxidarse, llegando a producir escenarios de anoxia que ocasionarían la difusión de microorganismos filamentosos” (Vera y Garay, 2019), es por ello que se recomienda que su concentración en aguas destinadas a contacto primario no sea superior a 5,00 mgL<sup>-1</sup>, y nunca se detecte una cutícula perceptible en el área de la misma, ni se forme depósitos de lodo aceitosos en el área de baño (Rodríguez-Heredia y Santana-Gómez, 2017).

En el Mirador Ecológico “Chancay Baños”, se determinó que la concentración de aceites y grasas es menor al límite de cuantificación del método, lo que significa que la concentración es mínima o equivalente a cero, por tanto, cumple con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM para la categoría I, subcategoría B1, contacto primario de uso recreacional.

**Tabla 12**

*Concentración de aceites y grasas del agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo	Fecha de muestreo de agua termal	Aceites y grasas	
		EM1	EM2
M1	7/01/2021	< LCM	< LCM
M2	22/01/2021	< LCM	< LCM
M3	8/02/2021	< LCM	< LCM
M4	23/02/2021	< LCM	< LCM
M5	10/03/2021	< LCM	< LCM
M6	25/03/2021	< LCM	< LCM

Nota: LCM= Límite de cuantificación del método, valor < LCM significa que la concentración del analítico es mínima (trazas). En la Tabla se muestra los resultados de la concentración de aceites y grasas en el agua termal “Chancay Baños” según estación de muestreo y fecha en que se ha realizado cada uno de los seis muestreos.

No se observó la presencia de películas visibles de aceites y grasas en la superficie de agua de las dos fuentes, ni se forman depósitos de lodo aceitoso en las áreas de baño (pozas antiguas y piscinas termales), por tanto según Cruz (2018) y Vargas (2018) esta agua puede ser utilizada sin necesidad de aplicar sopladores o difusores para la separación de grasas, todo lo contrario ocurre en la Bahía de Santiago de Cuba, donde el agua ha sido contaminada por actividades antrópicas, siendo así se recomiendan que en el mirador ecológico “Chancay Baños” se instruya a los usuarios en el uso adecuado del sistema termal, evitando así la contaminación de la fuente de agua termal (Rodríguez-Heredia, et. al, 2016), más aún en la estación EM2, que corresponde al buzón 2, el cual se encuentra descubierto sin tapa y reja de protección.

#### **Figura 24**

*Piscinas termales del Mirador Ecológico “Chancay Baños”*



Nota. En la Figura, se observa una foto de las piscinas, lugar donde se reúne el agua de la Estación de muestreo EM1.

La concentración de aceites y grasas es equivalente a cero, por tanto, no pueden ser correlacionados, tiene un  $R^2$  0.00. No presenta correlación con ninguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

#### **4.1.4. Concentración de oxígeno disuelto**

“El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, cuando su concentración es menor a  $5,00 \text{ mgL}^{-1}$ , la vida acuática está bajo presión” (Masias, 2018). En el Mirador Ecológico “Chancay Baños”, el agua termal muestreada en la estación EM1, durante los meses de enero, febrero y marzo, alcanza valores mínimos y máximos de oxígeno disuelto equivalentes a  $2,20 \text{ mgL}^{-1}$  y  $2,80 \text{ mgL}^{-1}$ , respectivamente; mientras que en la estación EM2, buzón 2 alcanza valores entre  $3,00 \text{ mgL}^{-1}$  a  $3,80 \text{ mgL}^{-1}$ .

Al respecto López et. al (2015) aseguran que “La cuantía de oxígeno disuelto depende de la aireación del agua debida a saltos o agitación, al aire en el entorno y como subproducto de la fotosíntesis” por ende, es razonable que el agua termal de la EM2 presente valores de oxígeno disuelto más altos en comparación con la estación EM1, debido a que el buzón 2, no se encuentra cubierto, por ende, tiene mayor contacto y exposición al aire.

La concentración de oxígeno disuelto promedio en el agua termal muestreado en la EM1 y EM2, equivale a  $2,57 \text{ mgL}^{-1}$  y  $3,43 \text{ mgL}^{-1}$ , respectivamente, no supera el valor mínimo ( $5,00 \text{ mgL}^{-1}$ ) establecido para la categoría I, subcategoría B1. Estos bajos valores de concentración de oxígeno disuelto se pueden explicar según López et. al (2015), Marzadri, et. al (2013) y Selong et. al (2001) por la variación de temperatura, debido que la concentración de oxígeno disuelto disminuye a medida que aumenta la temperatura, es decir si el agua está demasiado caliente no habrá suficiente oxígeno en el agua, lo que impedirá el desarrollo de especies animales.

El agua termal de la fuente “Chancay Baños” es poco oxigenada, y a pesar de que la concentración de oxígeno disuelto es menor al dado en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, para la categoría I, subcategoría B1, pueden ser utilizada para recreación de contacto primario, debido a que Masias (2018), Vargas (2018) y Vargas et. al (2019) aseveran es comprensible la baja cantidad de oxígeno disuelto en aguas termales por la elevada temperatura que éstas presentan y el poco o nada de contacto con la atmosfera o entorno al ser canalizadas, no obstante, también especifican que existen métodos para incrementar la concentración de oxígeno disuelto, si así se creyese necesario por parte de las autoridades correspondientes, tales como: incrementar el movimiento rectilíneo u ondulatorio del agua, para generar una mayor área de contacto entre el agua y el aire, permitiendo mayor absorción de oxígeno de la atmosfera; o en otros casos hacer uso de aditivos oxigenadores, los cuales generaran mayores concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.

Se ha considerado innecesario el uso de algún aditivo para incrementar la concentración de oxígeno disuelto, pues Lenntech (2021) explica que “a pesar que un alto contenido de oxígeno disuelto hace que el gusto del agua sea mejor, muchas industrias usan agua con menos de 0,007 ppm, porque altos niveles de oxígeno disuelto, aumentan la velocidad de corrosión en las tuberías de agua”, siendo así el bajo contenido de oxígeno disuelto contribuye a la conservación de las canalizaciones y no genera un efecto significativo en la calidad del agua termal.

Así mismo, Cruz (2018) menciona que la concentración de oxígeno disuelto se relaciona con el  $DBO_5$ , porque a medida que suba este valor, va a quitar lo prioritario al agua que es el oxígeno, en otras palabras bajos contenidos de oxígeno disuelto podrían generar valores altos de  $DBO_5$  (Mizwar y Surapati, 2020), sin embargo, en este caso sucede lo contrario, los valores de  $DBO_5$  son bajos, lo que garantiza que no

existe una sobrepoblación de bacterias o minerales acuáticos, tal como lo sustentan Al-Hashimi y Al-Mosewi (2009) y Ahmed y Badruzzaman (2007).

**Tabla 13**

*Concentración de oxígeno disuelto en el agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo de agua termal	Oxígeno disuelto mgL <sup>-1</sup>	
	EM1	EM2
7/01/2021	2,70	3,30
22/01/2021	2,20	3,00
8/02/2021	2,50	3,50
23/02/2021	2,40	3,40
10/03/2021	2,80	3,80
25/03/2021	2,80	3,60
Máx.	2,80	3,80
Mín.	2,20	3,00
Prom.	2,57	3,43
Desv. Est.	0,24	0,27
C.V.	9,44%	7,96%

Nota: En la Tabla se muestran los valores de la concentración del oxígeno disuelto en el agua termal de “Chancay Baños”, según la estación de muestreo y la fecha de realización de los seis muestreos.

Determinados los valores del oxígeno disuelto del agua termal “Chancay Baños” se ha medido la relación de este parámetro con otros parámetros de caracterización del agua de uso para recreación, con lo que se ha llegado a determinar según la Tabla 14, que la concentración del oxígeno disuelto tiene correlación moderada con el pH ( $R^2$  0,4026), coliformes termotolerantes ( $R^2$  0,5625), *Escherichia coli* ( $R^2$  0,5022), y correlación alta con la temperatura ( $R^2$  0,7568) y la estación de muestreo ( $R^2$  0,7717), por tanto, la concentración de oxígeno disuelto varía según la temperatura y la estación de muestreo (EM1 y EM2). Fustamante (2020), determinó

tal como en la presente investigación, que efectivamente el oxígeno disuelto tiene una correlación inversa significativa con la temperatura, lo que indica que el incremento del oxígeno disuelto  $\text{mgL}^{-1}$  en las aguas termales de “Chancay Baños” induce a que la temperatura disminuya, y viceversa.

**Tabla 14**

*Relación del oxígeno disuelto con otros parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal*

Resumen del modelo del oxígeno disuelto en relación con otros parámetros	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Temperatura	0,266502	75,68%	73,24%	66,08%
pH	0,417662	40,26%	34,29%	12,51%
Coliformes termotolerantes	0,357419	56,25%	51,88%	15,69%
<i>Escherichia coli</i>	0,381254	50,22%	45,24%	0,00%

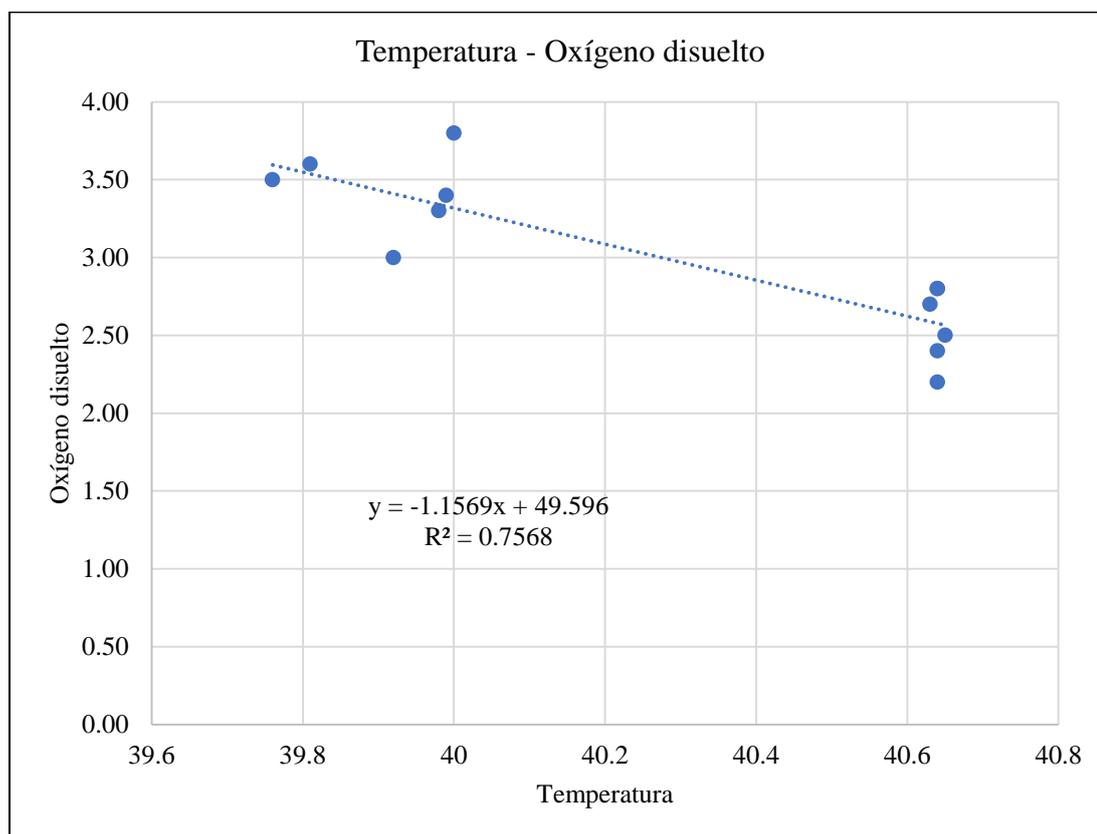
Nota: En la Tabla se presenta el coeficiente de correlación (R-cuad) del oxígeno disuelto con la temperatura, pH, coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, lo que permite establecer si existe relación significativa entre el oxígeno disuelto y alguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal.

En la Figura 25, se muestra la gráfica de correlación inversa entre el oxígeno disuelto y la temperatura, donde se observa que, a mayor temperatura, menor oxígeno disuelto, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con un valor que asciende a 0,7568. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa la temperatura con el cual se podría proyectar el valor del oxígeno disuelto, representado en el modelo lineal como “y”. Con la ecuación del modelo lineal se puede determinar

el valor del oxígeno disuelto, con solo conocer el valor de la temperatura del agua termal de “Chancay Baños”, debido a que la correlación es alta.

**Figura 25**

*Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y temperatura*



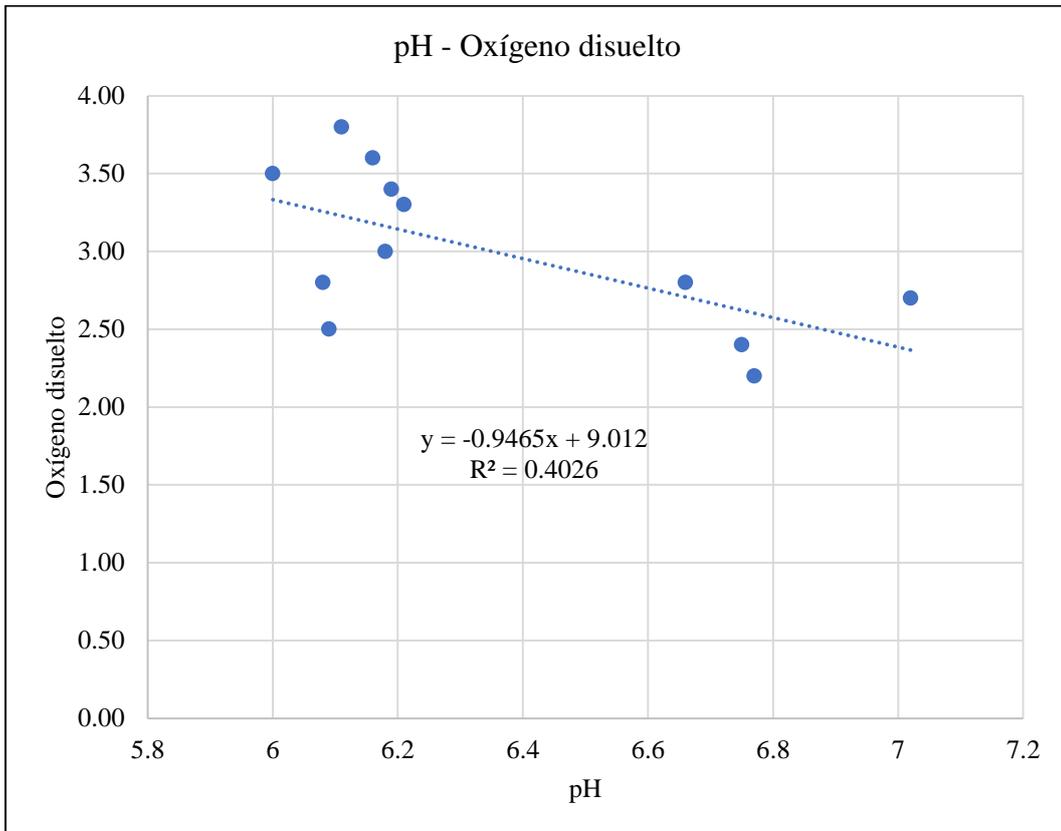
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” temperatura y la “variable y” oxígeno disuelto, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 26, se muestra la gráfica de correlación inversa entre el oxígeno disuelto y el pH, donde se observa que, a mayor valor de pH, disminuye el contenido de oxígeno disuelto en el agua, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,4026. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de pH con el cual se podría proyectar el valor del oxígeno disuelto,

representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de oxígeno disuelto del agua termal “Chancay Baños” tomando como base el pH o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 26**

*Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y pH*



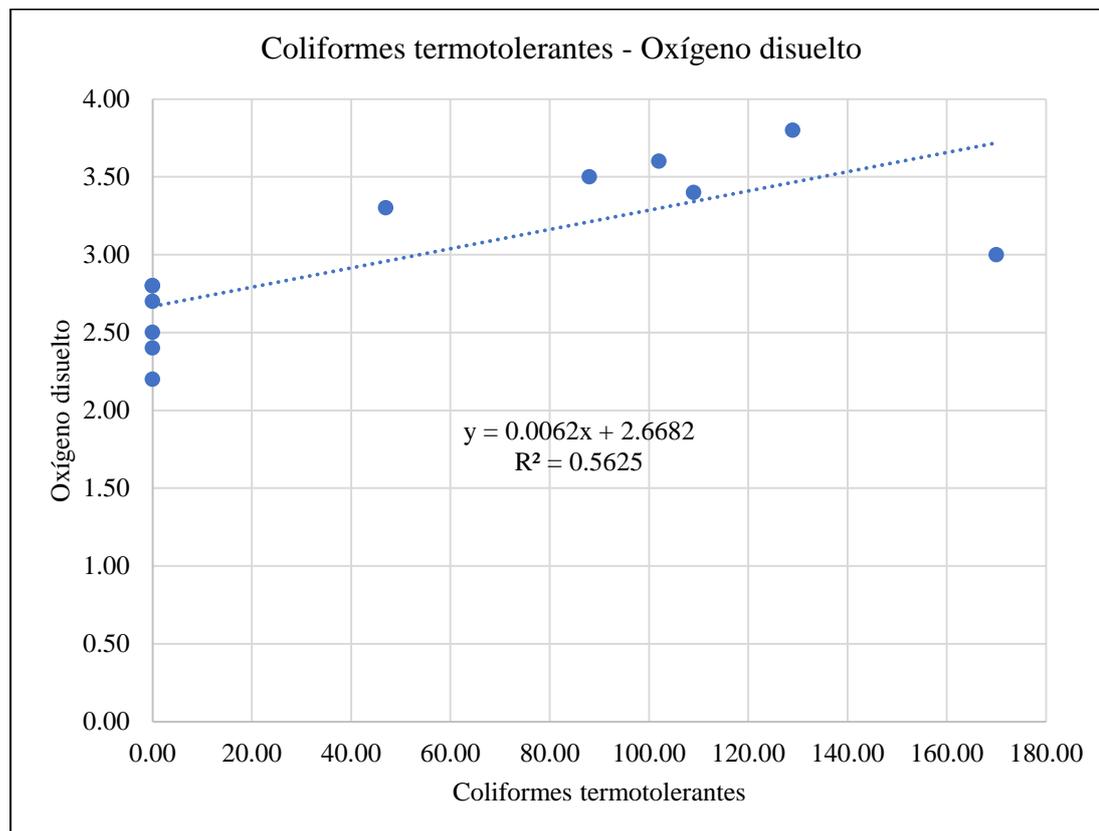
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” pH y la “variable y” oxígeno disuelto, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 27, se muestra la gráfica de correlación directa entre el oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes, donde se observa que, a mayor concentración de coliformes termotolerantes, aumenta el contenido de oxígeno disuelto en el agua, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el

factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,5625. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de coliformes termotolerantes con el cual se podría proyectar el valor del oxígeno disuelto, representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de oxígeno disuelto del agua termal “Chancay Baños” tomando como base la concentración de coliformes termotolerantes o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 27**

*Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes*

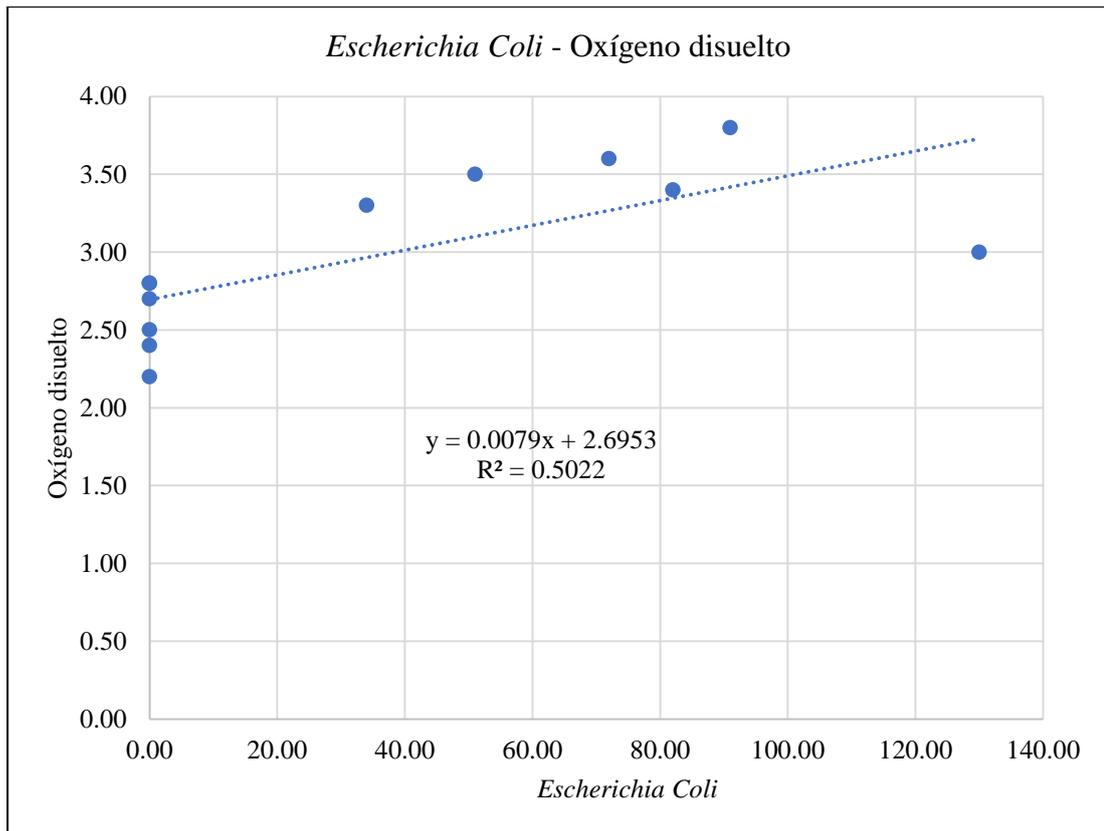


Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” coliformes termotolerantes y la “variable y” oxígeno disuelto, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 28, se muestra la gráfica de correlación directa entre el oxígeno disuelto y *Escherichia coli*, donde se observa que, a mayor concentración de *Escherichia coli*, aumenta el contenido de oxígeno disuelto en el agua, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,5022. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de *Escherichia coli* con el cual se podría proyectar el valor del oxígeno disuelto, representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de oxígeno disuelto del agua termal “Chancay Baños” tomando como base la concentración de *Escherichia coli* o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 28**

*Gráfica de correlación entre oxígeno disuelto y Escherichia coli*



Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” *Escherichia coli* y la “variable y” oxígeno disuelto, para determinar la relación entre estos parámetros.

#### 4.1.5. Concentración de $DBO_5$

“La demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) es una pericia utilizada para sentar las exigencias de oxígeno precisos para la remoción bioquímica del material orgánico del agua” (López, et. al, 2015). La materia orgánica presente en un curso de agua es biodegradada por los microorganismos aeróbicos, que se producen en manifestación del oxígeno. “El valor  $DBO_5$  indica la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una  $T^\circ$  de 20,00  $^\circ C$  en una muestra de agua para la degradación aeróbica de las sustancias contenidas en el agua” (Cruz, 2018). La concentración de  $DBO_5$  según el Decreto Supremo N°

004 – 2017 – MINAM, no debe exceder a  $5,00 \text{ mgL}^{-1}$ , un valor más elevado representaría mayor cantidad de materia orgánica (Cruz, 2018). El agua termal “Chancay baños” de la estación EM1, y de la estación EM2, no presenta concentración de  $\text{DBO}_5$ , por tanto, cumple con los ECAS.

**Tabla 15**

*Concentración de  $\text{DBO}_5$  del agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo de agua termal	$\text{DBO}_5$	
	EM1	EM2
7/01/2021	< LCM	< LCM
22/01/2021	< LCM	< LCM
8/02/2021	< LCM	< LCM
23/02/2021	< LCM	< LCM
10/03/2021	< LCM	< LCM
25/03/2021	< LCM	< LCM

Nota: LCM= Límite de cuantificación del método, valor < LCM significa que la concentración del analítico es mínima (trazas).

## 4.2. Parámetros bacteriológicos en las aguas termales “Chancay Baños”

### 4.2.1. Concentración de coliformes termotolerantes

“El análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación de agua” (Ríos, 2019). Las bacterias coliformes son hitos de contaminación en el agua puesto que proceden del tracto intestinal y materia fecal del hombre y los animales y subsisten lapsos largos en el agua (López et. al, 2015). En la Tabla 16, se puede observar los valores de concentración de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo EM1 y EM2.

**Tabla 16**

*Concentración de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños”*

Muestreo de agua termal	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	
	EM1	EM2
7/01/2021	< 1,80	47,00
22/01/2021	< 1,80	170,00
8/02/2021	< 1,80	88,00
23/02/2021	< 1,80	109,00
10/03/2021	< 1,80	129,00
25/03/2021	< 1,80	102,00
Máx.	0,00	170,00
Mín.	0,00	47,00
Prom.	0,00	107,50
Desv. Est.	0,00	41,09
C.V.	0,00%	38,22%

Nota: En la Tabla, se muestra la concentración de coliformes termotolerantes del agua termal, según estación de muestreo y fecha de realización de los seis muestreos.

La concentración de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños”, en la estación EM1, buzón que abastece a las piscinas termales, es < 1,80 NMP/100mL, lo que significa que el resultado es equivalente a cero, debido a que no se aprecian estructuras bacteriológicas en la muestra, por tanto, cumple con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, mientras que en la estación EM2, buzón que abastece a las pozas termales antiguas, alcanzó valores de 47, 88, 102, 109, 129 y 170 NMP/100mL, valores que son menores al rango límite establecido en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM para la Categoría 1 – Subcategoría B1 (200 NMP/100mL), por tanto, cumplen con los estándares de calidad para coliformes termotolerantes. pero, estas concentraciones son cercanas al límite, por lo que autores como Cruz (2018), Huanca (2019), Vargas et. al (2017), Mohd et. al (2019), Narayan

et. al (2008) y Amarouche-Yala et. al (2015) consideran necesario un tratamiento bacteriológico para su uso recreacional, pero se sabe que el buzón 2, de donde se obtuvieron las muestras de agua termal que no cumplieron los ECAS, está descubierto permitiendo su contaminación con agentes externos por ello se recomienda su protección, mantenimiento y de ser el caso un tratamiento complementario, tal como afirma Mora y Cedeño (2006), Mavridou et. al (2018) y Shakhathreh et. al (2017), considerando que este buzón está descubierto como parte del atractivo de la zona turística, tal como se puede observar en la Figura 29.

## Figura 29

Buzón 2, “Chancay Baños”



Nota: En la figura, se muestra el buzón N° 2, este es el encargado de recibir el agua termal de la fuente principal y distribuirla a las pozas termales antiguas de la reserva ecológica “Chancay Baños”, forma parte de la composición artística y turística, por la forma que tiene este buzón de distribución.

Determinados los valores de concentración de coliformes termotolerantes en el agua termal “Chancay Baños”, se ha medido la relación de este parámetro con otros parámetros de caracterización del agua de uso para recreación, con lo que se ha determinado según la Tabla 17, que la concentración de coliformes termotolerantes tiene correlación muy alta con la concentración de *Escherichia coli* ( $R^2$  0,9904), correlación alta con la temperatura ( $R^2$  0,7661), correlación moderada con la

concentración de oxígeno disuelto ( $R^2$  0,5625) y correlación mediana con el pH ( $R^2$  0,3228), por tanto, la concentración de coliformes termotolerantes varía según la estación de muestreo (EM1 y EM2), la concentración de *Escherichia coli* y la temperatura.

**Tabla 17**

*Resumen del modelo coliformes termotolerantes vs otros parámetros*

Resumen del modelo Coliformes termotolerantes vs otros parámetros	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Temperatura	31,7538	76,61%	74,27%	66,34%
Ph	54,0307	32,28%	25,51%	10,75%
Oxígeno disuelto	43,4287	56,25%	51,88%	46,33%
<i>Escherichia coli</i>	6,42674	99,04%	98,95%	98,50%

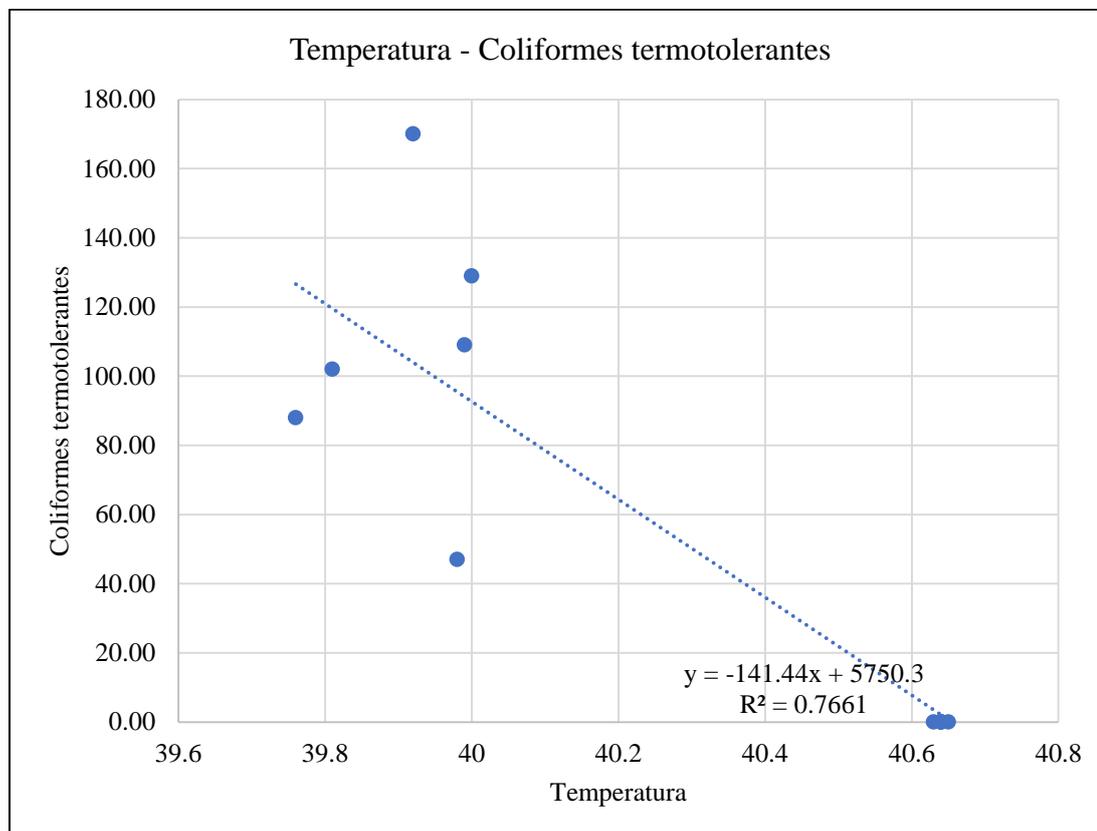
Nota: En la Tabla se presenta el coeficiente de correlación (R-cuad) de las coliformes termotolerantes con la temperatura, pH, oxígeno disuelto y *Escherichia coli*, lo que permite establecer si existe relación significativa entre las coliformes termotolerantes y alguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

En la Figura 30, se muestra la gráfica de correlación inversa entre coliformes termotolerantes y la temperatura, donde se observa que, a mayor temperatura, menor concentración de coliformes termotolerantes, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con un valor que asciende a 0,7661. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de la temperatura con el cual se puede proyectar el valor de la concentración de coliformes termotolerantes, representada en el modelo lineal como “y”. No obstante, cuando no existen coliformes termotolerantes, tal como se da el caso en la EM1, no existe correlación entre los

datos, por lo que la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar el valor de las coliformes termotolerantes cuando es mayor a cero.

### Figura 30

Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y temperatura



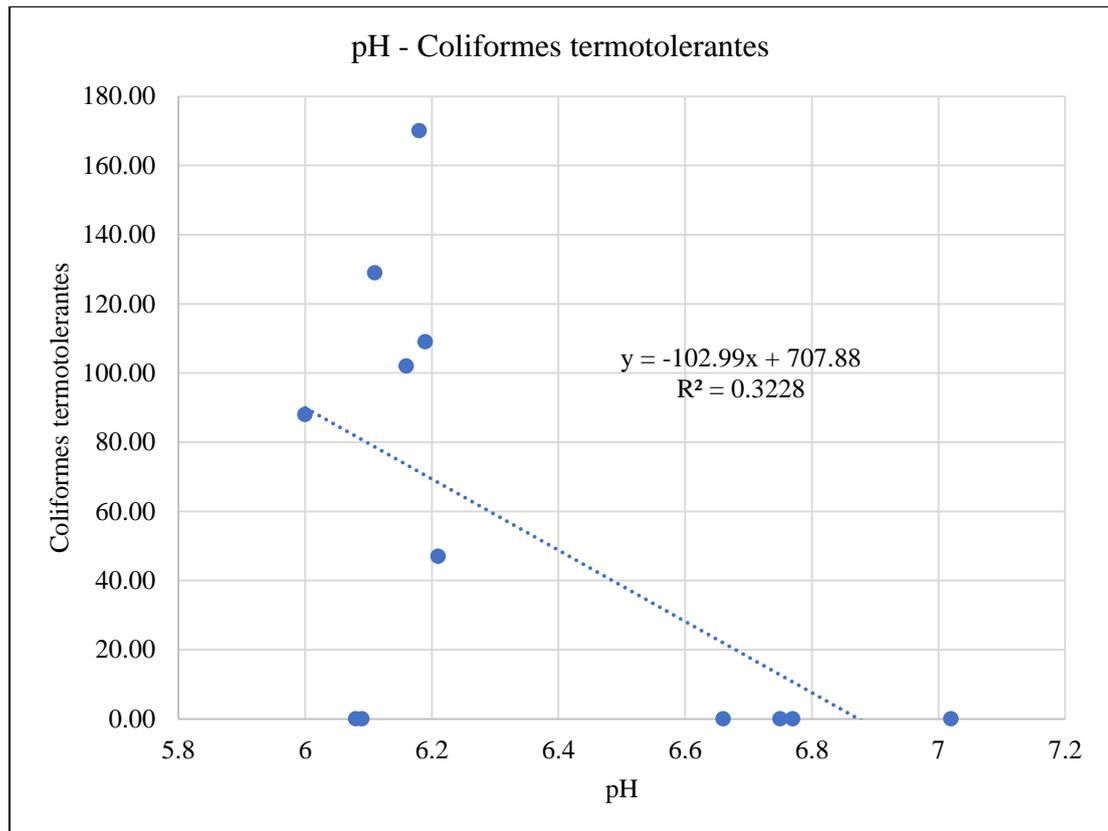
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” temperatura y la “variable y” coliformes termotolerantes, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 31, se muestra la gráfica de correlación inversa entre las coliformes termotolerantes y el pH, donde se observa que, a mayor pH menor cantidad de coliformes termotolerantes, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es bajo con un valor que asciende a 0,3228. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de pH con el cual se podría proyectar el valor de coliformes termotolerantes, representada en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se

recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños” tomando como base el pH o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

**Figura 31**

*Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y pH*



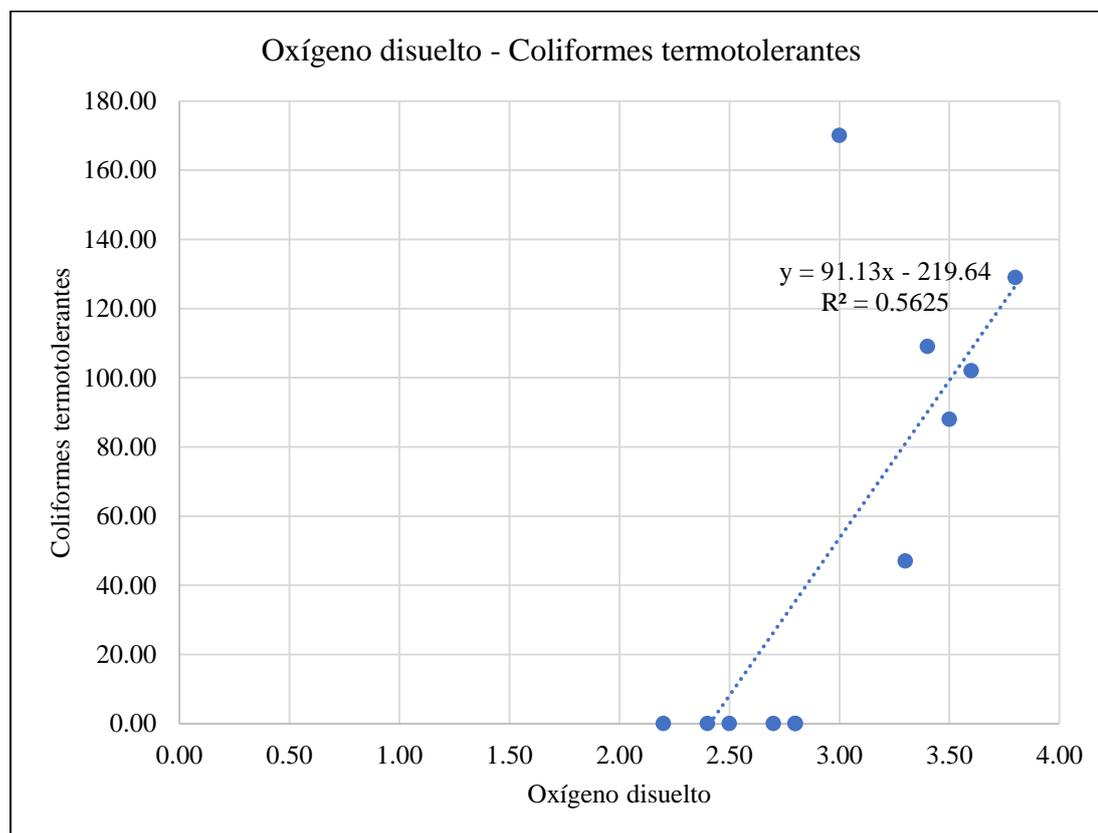
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” pH y la “variable y” coliformes termotolerantes, para determinar la relación entre estos parámetros

En la Figura 32, se muestra la gráfica de correlación directa entre la cantidad de coliformes termotolerantes y el oxígeno disuelto, donde se observa que, a mayor contenido de oxígeno disuelto, aumenta la concentración de coliformes termotolerantes en el agua, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que

asciende a 0,5625. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el contenido de oxígeno disuelto con el cual se podría proyectar la concentración de coliformes termotolerantes, representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar la cantidad de coliformes termotolerantes del agua termal “Chancay Baños” tomando como base el contenido de oxígeno disuelto o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

### Figura 32

Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y oxígeno disuelto

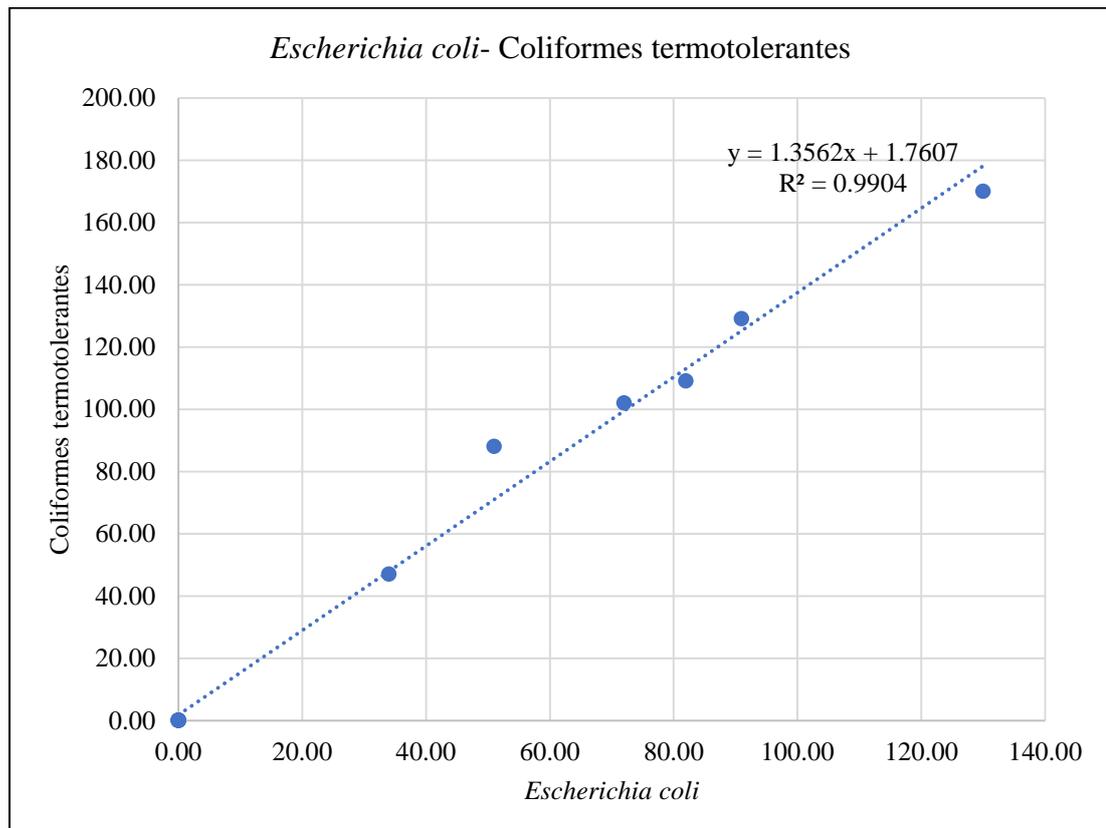


Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” oxígeno disuelto y la “variable y” coliformes termotolerantes, para determinar la relación entre estos parámetros

En la Figura 33, se muestra la gráfica de correlación directa entre las coliformes termotolerantes y la *Escherichia coli*, donde se observa que, a mayor valor de *Escherichia coli*, mayor cantidad de coliformes termotolerantes, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es muy alto, con un valor que asciende a 0,9904. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de *Escherichia coli* con el cual se puede proyectar la cantidad de coliformes termotolerantes, representada en el modelo lineal como “y”. Siendo así la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar la concentración de coliformes termotolerantes del agua termal de “Chancay Baños” según la cantidad de *Escherichia coli*, o viceversa.

**Figura 33**

*Gráfica de correlación entre coliformes termotolerantes y Escherichia coli*



Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” *Escherichia coli* y la “variable y” coliformes termotolerantes, para determinar la relación entre estos parámetros

#### 4.2.2. Concentración de *Escherichia coli*

Las bacterias indicadoras de contaminación bacteriológica no son precisamente patógenas, pero su aparición revela contaminación con desechos humanos, y en cualquier desecho humano existe la probabilidad de encontrar organismos patógenos. “*Escherichia coli* son bacterias gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos” (Rock y Rivera, 2014).

“La bacteria *Escherichia coli* ha sido utilizada por décadas como indicador bacteriano porque muestra una buena relación con las enfermedades gastrointestinales asociadas a la natación” (Romero et. al, 2010). Si una persona se enferma de *Escherichia coli*, el sitio primario de infección es el tracto gástrico y los síntomas pueden incluir náusea, vómito, diarrea y fiebre, por ello, es muy importante, garantizar que las aguas destinadas a uso recreativo, no presenten concentración de *Escherichia coli* como específica el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.

La concentración de *Escherichia coli* del agua termal “Chancay Baños” en la estación EM1, es < 1,80 NMP/100mL, lo que significa que el resultado es equivalente a cero, debido a que no se aprecian estructuras bacteriológicas en la muestra, por tanto, cumple con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, mientras que en la estación EM2, la concentración de *Escherichia coli* del agua termal alcanza valores mínimo y máximo de 34,00 a 130,00 NMP/100mL, respectivamente, valores que superan enormemente a lo establecido en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM para la Categoría 1 – Subcategoría B1 (Ausencia de *Escherichia coli*), por tanto, no cumple con los estándares de calidad para su uso recreacional, siendo así autores como Mora y Cedeño (2006), Mavridou et. al (2018) y Shakhathreh et. al

(2017), recomiendan un tratamiento complementario y/o la protección de las fuentes de distribución.

La contaminación del agua puede ser natural o artificial, la contaminación natural es generada por el ambiente, y la artificial por las actividades humanas (Alba, et. al, 2013). Las causas más comunes por las que una fuente de agua se contamina con *Escherichia coli*, es la contaminación del recurso hídrico con material fecal o heces de personas o animales, estos residuos pueden entrar al agua de muchas maneras diferentes, por ejemplo, durante la lluvia, por acción de la escorrentía superficial, pueden llegar a ingresar a fuentes de agua no cubiertas o protegidas (Rock y Rivera, 2014), pero, también puede ser por actividades humanas como mala instalación de letrinas, inadecuada descarga de desagües domésticos, entre otras causas (Vergaray, et. al, 2007).

El objetivo principal de gestión de la calidad del agua desde una perspectiva de salud es garantizar que los consumidores no estén expuestos a niveles de agentes patógenos que puedan causar enfermedades (Alba, et. al, 2013), y si bien todas las bacterias *E. coli* son patogénicas, los estudios llevados a cabo han demostrado que las concentraciones de *E. coli* son el mejor indicador de enfermedades gastrointestinales asociadas a la natación (Rock y Rivera, 2014), por lo que es necesario solucionar el problema de la elevada concentración de *E. coli* en el agua de la estación EM2 de “Chancay Baños”, Noriega-Treviño, et. al (2012), ha propuesto la desinfección del agua con el uso de diferentes compuestos químicos, tales como: cloruro de magnesio, cloruro de sodio, cloruro de potasio, bicarbonato de sodio, nitrato de sodio, sulfato de sodio, sulfato de amonio y agua desionizada, debido a que cada uno de estos logra inhibir a la *E. coli* de una muestra de agua, pero hace énfasis en que métodos

tecnológicos logran mejores resultados, tal como el uso de nanopartículas y membranas compósitas.

**Tabla 18**

*Concentración de Escherichia coli del agua termal “Chancay Baños” en las dos estaciones de muestreo*

Muestreo de agua termal	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	
	EM1	EM2
7/01/2021	< 1,80	34,00
22/01/2021	< 1,80	130,00
8/02/2021	< 1,80	51,00
23/02/2021	< 1,80	82,00
10/03/2021	< 1,80	91,00
25/03/2021	< 1,80	72,00
Máx.	0,00	130,00
Mín.	0,00	34,00
Prom.	0,00	76,67
Desv. Est.	0,00	33,40
C.V.	0,00%	43,57%

Nota: En la Tabla, se muestra la concentración de *Escherichia coli* del agua termal, según estación de muestreo y fecha de realización de los seis muestreos.

Determinados los valores de concentración de *E. coli* en el agua termal “Chancay Baños”, se ha medido la relación de este parámetro con otros parámetros de caracterización del agua de uso para recreación, con lo que se ha determinado según la Tabla 19, que la concentración de *Escherichia coli* tiene correlación muy alta con la concentración de coliformes termotolerantes ( $R^2$  0,9904), correlación alta con la

temperatura ( $R^2$  0,7661), correlación moderada con la concentración de oxígeno disuelto ( $R^2$  0,5625) y correlación mediana a pequeña con el pH ( $R^2$  0,2908), por tanto, la concentración de *Escherichia coli* varía según la estación de muestreo (EM1 y EM2), la concentración de coliformes termotolerantes y la temperatura.

**Tabla 19**

*Resumen del modelo Escherichia coli vs otros parámetros*

Resumen del modelo <i>Escherichia coli</i> vs otros parámetros	S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
Temperatura	26,1865	70,46%	67,50%	56,62%
pH	40,5734	29,08%	21,99%	7,04%
Oxígeno disuelto	33,9927	50,22%	45,24%	38,94%
Coliformes termotolerantes	4,71589	99,04%	98,95%	98,48%

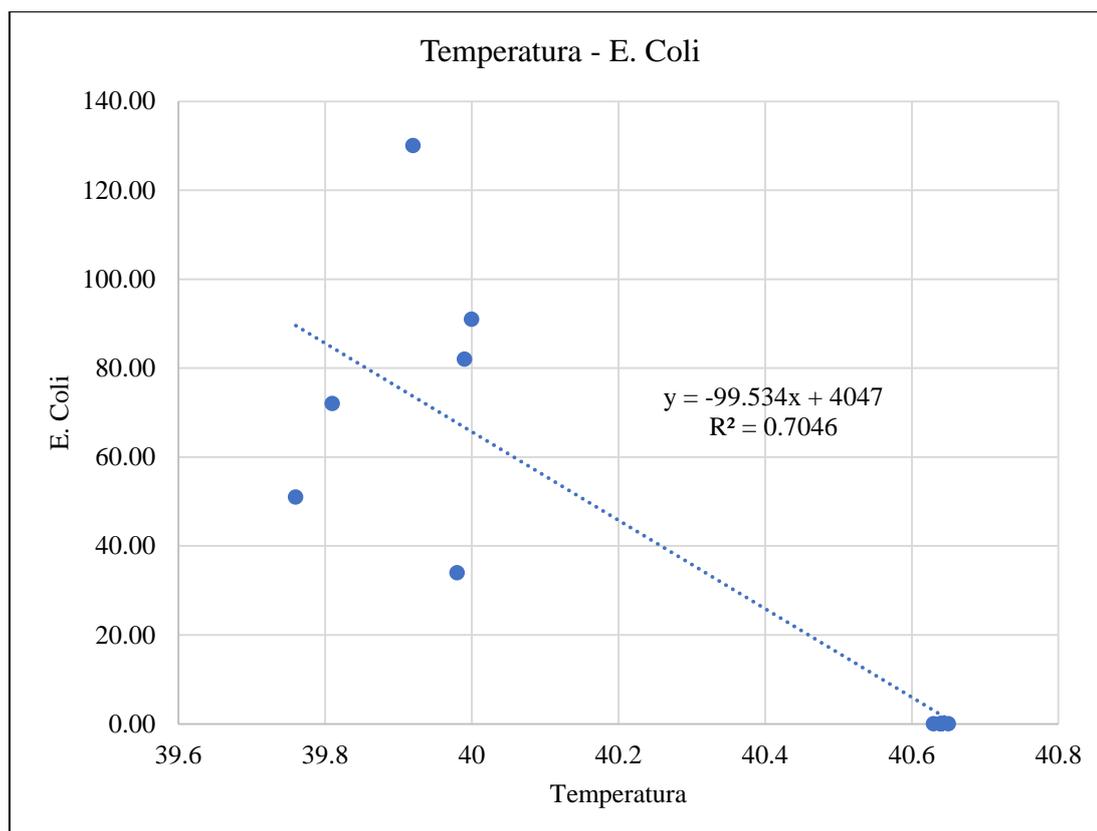
Nota: En la Tabla se presenta el coeficiente de correlación (R-cuad) de *Escherichia coli* con la temperatura, pH, oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes lo que permite establecer si existe relación significativa entre la E. coli y alguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

En la Figura 34, se muestra la gráfica de correlación inversa entre la *Escherichia coli* y la temperatura, donde se observa que, a mayor temperatura, menor valor de *Escherichia coli*, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es alto, con un valor que asciende a 0,7046. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa la temperatura con el cual se puede proyectar el valor de *E. coli*, representada en el modelo lineal como “y”. No obstante, cuando no existe *Escherichia coli*, tal como se da el caso en la EM1, no existe correlación entre los datos, por lo que

la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar el valor de *E. coli* del agua termal “Chancay Baños” solo cuando este valor es mayor a cero.

**Figura 34**

*Gráfica de correlación entre Escherichia coli y temperatura*



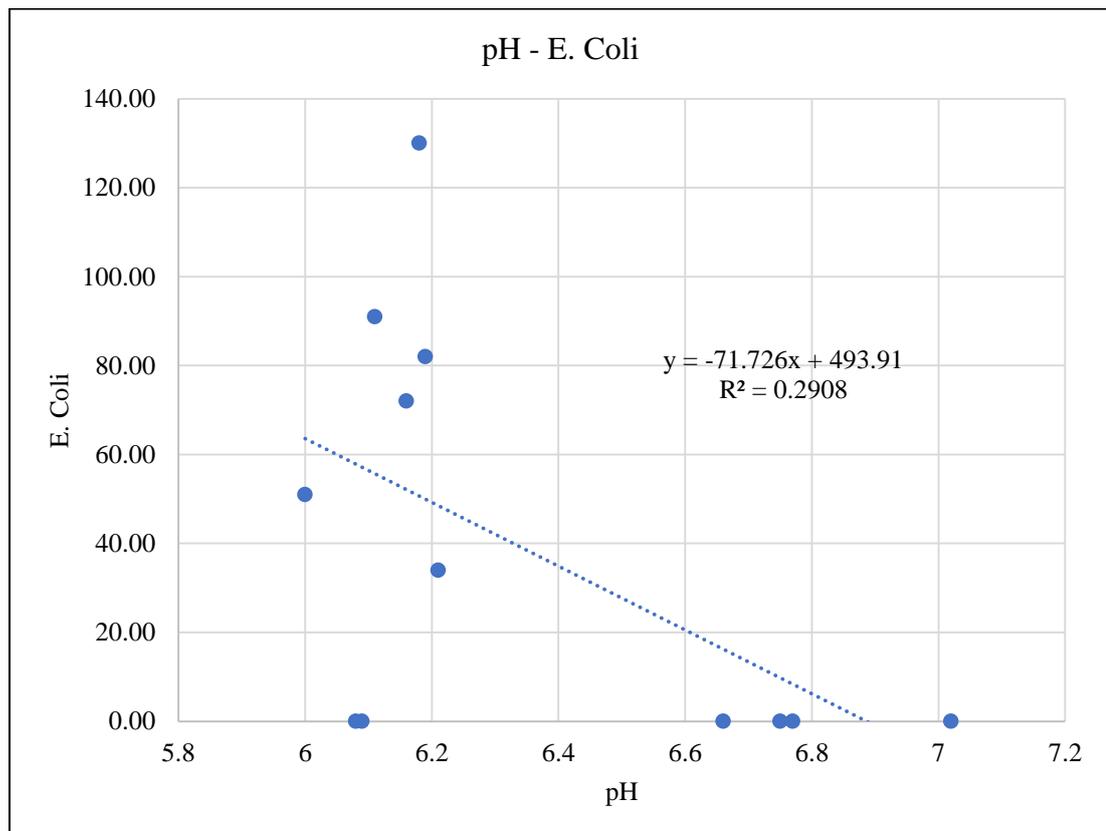
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” temperatura y la “variable y” *E. coli*, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 35, se muestra la gráfica de correlación inversa entre *Escherichia coli* y el pH, donde se observa que, a mayor pH, menor cantidad de *Escherichia coli*, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es bajo con un valor que asciende a 0,2908. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el pH con el cual se podría

proyectar el contenido de *E. coli*, representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de *E. coli* del agua termal “Chancay Baños” tomando como base del pH o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

### Figura 35

Gráfica de correlación entre *Escherichia coli* y pH



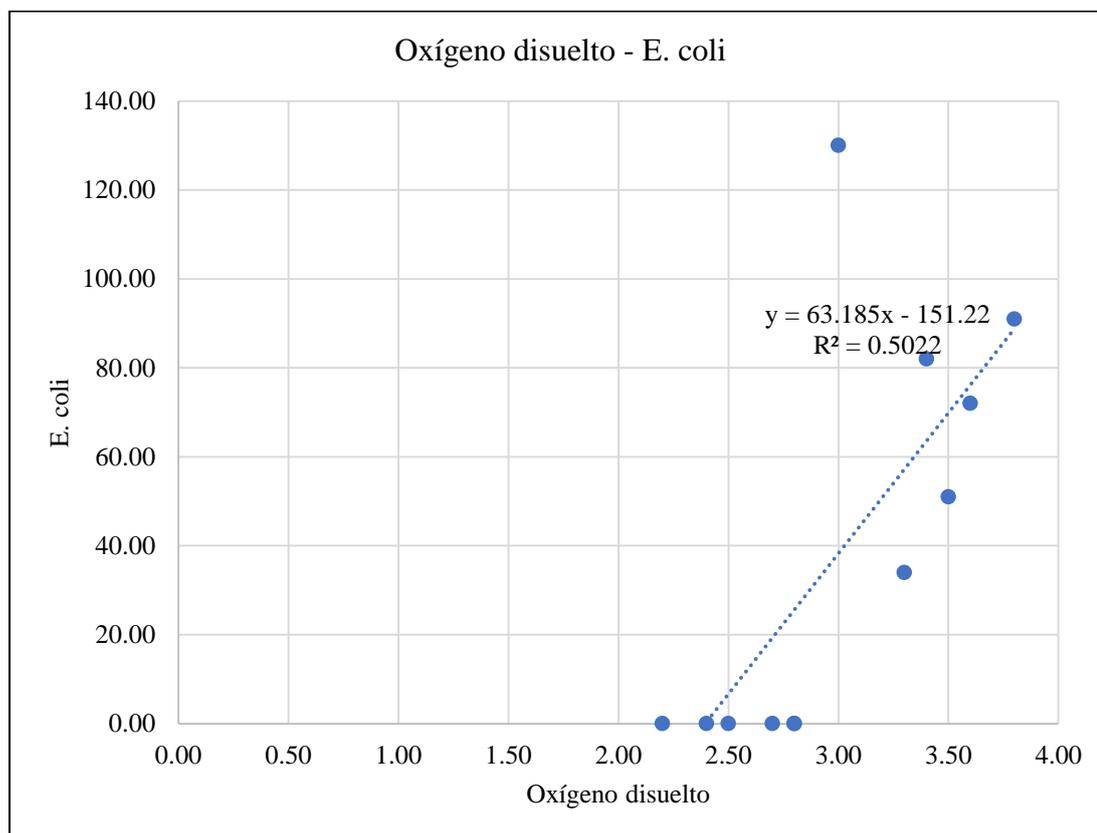
Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” pH y la “variable y” *E. coli*, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 36, se muestra la gráfica de correlación directa entre la *Escherichia coli* y el oxígeno disuelto, donde se observa que, a mayor contenido de oxígeno disuelto, aumenta la concentración de *E. coli* en el agua, pero, los datos se muestran dispersos en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de

correlación ( $R^2$ ) es moderado con un valor que asciende a 0,5022. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el oxígeno disuelto con el cual se podría proyectar el valor del *E. coli*, representado en el modelo lineal como “y”, sin embargo, se recomienda utilizar la ecuación lineal dada en la figura, solo cuando la correlación sea alta o muy alta. Es decir, no se puede utilizar esta ecuación para proyectar el valor de *E. coli* del agua termal “Chancay Baños” tomando como base el contenido de oxígeno disuelto o viceversa, debido a que su correlación no es significativa.

### Figura 36

Gráfica de correlación entre *Escherichia coli* y oxígeno disuelto

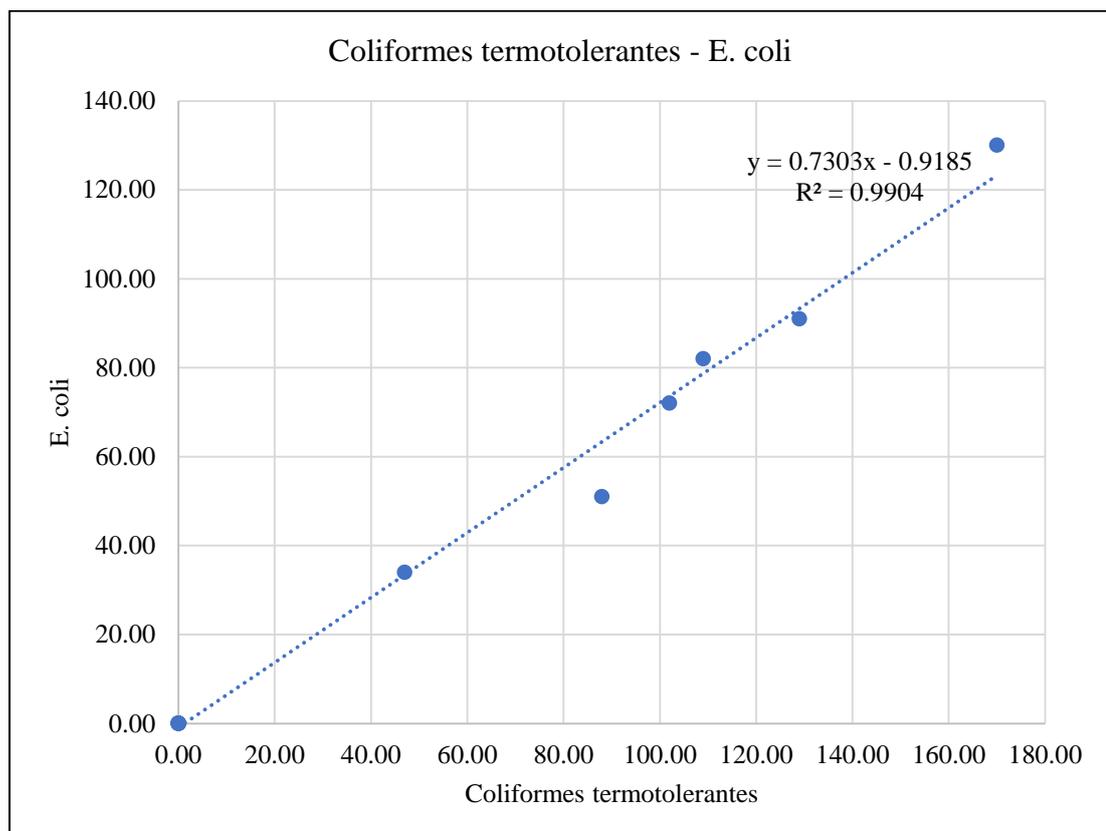


Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” oxígeno disuelto y la “variable y” *E. coli*, para determinar la relación entre estos parámetros.

En la Figura 37, se muestra la gráfica de correlación directa entre *Escherichia coli* y las coliformes termotolerantes, donde se observa que, a mayor cantidad de coliformes termotolerantes, mayor cantidad de *E. coli*, así mismo, los datos muestran menor dispersión en relación a la línea de tendencia, por lo que el factor de correlación ( $R^2$ ) es muy alto, con un valor que asciende a 0,9904. También, se muestra la ecuación de correlación, donde “x” representa el valor de coliformes termotolerantes con el cual se puede proyectar la cantidad de *E. coli*, representada en el modelo lineal como “y”. Siendo así la ecuación del modelo lineal se puede utilizar para proyectar la concentración de *E. coli* del agua termal de “Chancay Baños” según la cantidad de coliformes termotolerantes, o viceversa.

**Figura 37.**

*Gráfica de correlación entre Escherichia coli y coliformes termotolerantes*



Nota: En el gráfico se muestra la línea de tendencia lineal de la “variable x” coliformes termotolerantes y la “variable y” *E. coli*, para determinar la relación entre estos parámetros.



#### **4.3. Comparación de las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos**

El agua termal muestreada en la EM1 tiene una temperatura promedio de 40,64 °C, por lo que se clasifica como agua mesotermal. Las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de la estación EM1 en Chancay Baños cumplen con los ECAS para aguas de categoría I subcategoría B1, a excepción del oxígeno disuelto valor que en promedio es 2,57 mgL<sup>-1</sup>, por tanto, es menor al especificado en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.

El agua termal muestreada en la EM1 tiene una temperatura promedio de 39,91 °C, por lo que se clasifica como agua mesotermal. Las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de la estación EM2 en Chancay Baños no cumple con ECAS para aguas de categoría I subcategoría B1, presenta valores de oxígeno disuelto menores al límite mínimo de 5 mgL<sup>-1</sup>, mientras que los valores de coliformes totales y Escherichia coli están fuera del rango límite, es decir son mayores a 200,00 NMP/100mL y a 0 NMP/100mL, respectivamente.

En conclusión, el agua termal de “Chancay Baños” es apta para la recreación, pero a pesar de ello la estación EM2 no tiene las condiciones idóneas con relación a coliformes termotolerantes y Escherichia coli, tal como aseveran Vargas (2018) y Vargas, et. al (2019), por lo que, Cruz (2018), Alfred y Rao (2018), MINSA (2018) considera que es necesario plantear un procedimiento de destilación y esterilización del agua, mientras que Valcheva e Ignatov (2019) consideran que con la protección y limpieza de la fuente termal se pueden llegar a eludir estos valores bacteriológicos

altos, de tal forma que lleguen a cumplir con la calidad requerida Valcheva, et. al (2020).

**Tabla 20**

*Concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños”*

Parámetros físico-químicos y bacteriológicos	Estaciones de muestreo		ECAS
	EM1	EM2	
Temperatura	40,64	39,91	45
Potencial de hidrógeno (pH)	6,56	6,14	9
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	0,00	0,00	5
Aceites o grasas	0,00	0,00	0
Oxígeno disuelto	2,57	3,43	5
Coliformes termotolerantes	0,00	107,50	200
<i>Escherichia coli</i>	0,00	76,67	0

Nota: Se muestra el promedio de los resultados de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de los seis muestreos realizados en cada una de las estaciones de muestreo de agua termal de la estación “Chancay Baños”.

#### 4.4. Análisis estadístico

##### 4.4.1. Modelo de correlación

El modelo de correlación permite determinar la relación entre dos variables, a fin de verificar si una influye en la otra, o viceversa. Determinados los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal “Chancay Baños”, tales como: temperatura, pH, DBO<sub>5</sub>, aceites y grasas, oxígeno disuelto y coliformes termotolerantes, *E. coli*, se ha estimado los factores de correlación entre estos parámetros, tal como se observa en la Tabla 21, verificando que la temperatura tiene

correlación alta con el oxígeno disuelto y los parámetros microbiológicos: coliformes termotolerantes y *E. coli*; el pH no tiene una correlación significativa con ninguno de los parámetros, solo presenta correlación mediana con la temperatura y el oxígeno disuelto; el DBO<sub>5</sub> y Aceites y grasas, no tienen correlación con ninguno de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, puesto que no se encuentran presentes en el agua termal de análisis; el oxígeno disuelto tiene correlación alta con la temperatura; el parámetro microbiológico concentración de coliformes termotolerantes tiene correlación alta con la temperatura, y correlación muy alta con la *E. coli*, así mismo el parámetro *E. coli*, presenta correlación alta con la temperatura y correlación muy alta con las coliformes termotolerantes, es decir mientras mayor sea el valor de un parámetro microbiológico el otro también se incrementa, por tanto, existe una correlación significativa directa.

**Tabla 21***Resumen del modelo de correlación para parámetros físico-químicos y microbiológicos*

Factor de correlación (R <sup>2</sup> )	Temperatura	Ph	DBO <sub>5</sub>	Aceites y grasas	Oxígeno disuelto	Coliformes termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>
Temperatura	1,000	0,4045	0,000	0,000	0,7568	0,7661	0,7046
Ph	0,4045	1,000	0,000	0,000	0,4026	0,3228	0,2908
DBO <sub>5</sub>	0,00	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Aceites y grasas	0,00	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
Oxígeno disuelto	0,7568	0,4026	0,000	0,000	1,000	0,5625	0,5022
Coliformes termotolerantes	0,7661	0,3228	0,000	0,000	0,5625	1,000	0,9904
<i>Escherichia coli</i>	0,7046	0,2908	0,000	0,000	0,5022	0,9904	1,000

Leyenda:

R <sup>2</sup>	0	0.10	0.30	0.5	0.70	0.90	1
Asociación	Nula	Pequeña	Mediana	Moderada	Alta	Muy alta	

Nota: En la Tabla, se muestran los coeficientes de asociación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua termal “Chancay Baños”, así mismo, se diferencia el nivel de asociación por colores según la leyenda.

#### **4.4.2. Aceptación de hipótesis**

El análisis estadístico de la varianza (ANOVA) se realizó mediante el software Minitab 19, con el fin de aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ) o aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ). Si el valor-p (probabilidad) es menor que el nivel de significancia (0.05) rechazamos  $H_0$ , pero si el valor-p es mayor que el nivel de significancia aceptamos  $H_0$ .

El modelo estadístico que más se ajusta a los datos es el Modelo lineal general, y las hipótesis que analizaremos son las siguientes:

- $H_0$ : No hay diferencia significativa entre los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020 y los ECAS-aguas subcategoría B1, por tanto, el agua termal “Chancay Baños” cumple significativamente con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.
- $H_1$ : Hay diferencia significativa entre los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020 y los ECAS-aguas subcategoría B1, por tanto, el agua termal “Chancay Baños” no cumple significativamente con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.

Las estaciones de análisis son los buzones del mirador ecológico “Chancay Baños”. La estación de muestreo EM1, abastece de agua a las piscinas termales, está cubierta con una tapa de protección, y está enterrada en el suelo, forma parte del proyecto de remodelación del mirador ecológico “Chancay Baños”, en cambio, la estación de muestreo EM2 abastece a las pozas termales antiguas, que aún son utilizadas en la actualidad para la recreación de los turistas, es una fuente no cubierta debido a que, por su forma geométrica y estilo de presentación forma parte del

atractivo turístico. Estos buzones tienen forma, ubicación y abastecen a lugares diferentes, por lo que, se ha optado por realizar el análisis ANOVA por separado.

**a. Para la estación EM1**

Según la Tabla 22, los resultados varían significativamente según ensayo, debido a que son ensayos distintos los que se están aplicando, no hay variación significativa con la fecha de muestreo, y lo más relevante el valor-p según estación de muestreo es 0.030 (menor a 0.05), lo que valida que los resultados del agua termal EM1 no varían significativamente con los parámetros físico-químicos y bacteriológicos dados por los ECAS-aguas para subcategoría B1, por tanto, la EM1 cumple con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM.

**Tabla 22.**

*Análisis de Varianza, estación EM1*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estación	1	1,3	1,29	4,88	0,030
N° de muestreo	5	0,1	0,01	0,04	0,000
Ensayo	6	15796,9	2632,82	9992,61	0,999
Error	71	18,7	0,26		
Total	83	15816,9			

Estación: 1= EM1 y 3= ECAS para agua subcategoría B1

N° de muestreo: Cada muestreo realizado cada 15 días del 07 de enero al 25 de marzo del 2021.

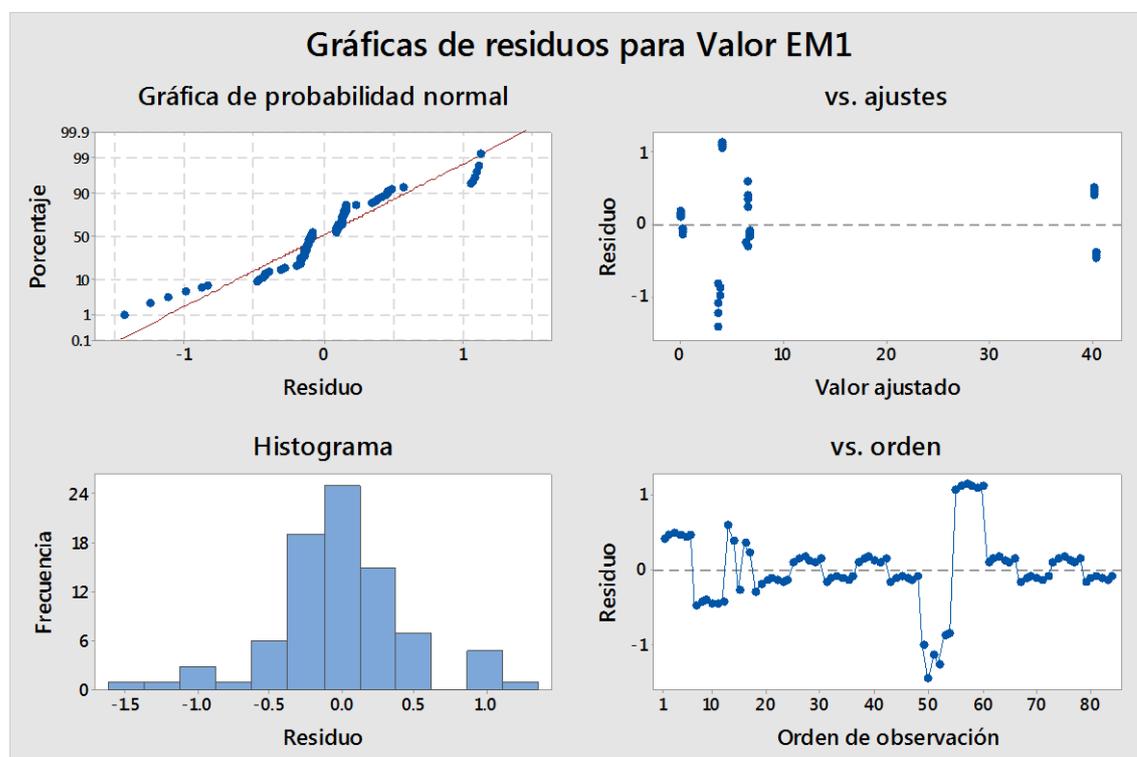
Ensayo= Los siete ensayos realizados (1 Temperatura, 2 pH, 3 DBO<sub>5</sub>, 4, Aceites y grasas, 5 oxígeno disuelto, 6 coliformes termotolerantes, 7 *Escherichia coli*)

Nota: En la Tabla, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la estación de muestreo de agua termal EM1, en comparación con los estándares de calidad dados en el Decreto Supremo N° 004–2017 –MINAM, con la finalidad de verificar que la EM1 “Chancay Baños” cumpla con la calidad del agua para uso recreacional.

En la Figura 38, se muestra la gráfica de residuos para la estación EM1, conformado por cuatro gráficas. La gráfica de probabilidad normal, indica como los parámetros físico-químicos y microbiológicos se acercan a la línea de tendencia por lo que existe una relación significativa que equivale a  $R^2$  99.88%. En la gráfica de vs ajustes se muestran los valores más dispersos y como estos se ajustaron a la línea de tendencia. En el histograma se muestra la frecuencia de ocurrencia de un residuo, para conocer la cantidad de valores que fueron ajustados al modelo lineal general. Por último, en la gráfica de vs. Orden, se observa el orden de las observaciones en el rango de variación de los residuos de -1 a 1, para la estación de muestreo de agua termal EM1 en “Chancay Baños”.

**Figura 38.**

*Gráfica de residuos para la estación EM1*



Nota: En la Figura, se muestran cuatro gráficas que han formado parte del análisis ANOVA, tales como: gráfica de probabilidad normal, vs. Ajustes, histograma y vs. Orden.

## b. Para la estación EM2

Según la Tabla 23, los resultados varían significativamente según ensayo, debido a que son ensayos distintos los que se están aplicando, no hay variación significativa con la fecha de muestreo, y lo más relevante el valor-p según estación de muestreo es 0,6770 (mayor a 0,05), lo que significa que se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alternativa, misma que refiere “Sí hay diferencia significativa entre los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020 y los ECAS-aguas subcategoría B1, por tanto, el agua termal “Chancay Baños” no cumple significativamente con el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM”, en conclusión el agua termal de la EM2 no cumple con los estándares de calidad para su uso en la recreación.

**Tabla 23.**

*Análisis de Varianza, estación EM2*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estación	1	137	136,5	0,18	0,677
N° de muestreo	5	1964	392,8	0,50	0,000
Ensayo	6	220278	36713,0	47,20	0,772
Error	71	55231	777,9		
Total	83	277609			

Estación: 1= EM2 y 3= ECAS para agua subcategoría B1

N° de muestreo: Cada muestreo realizado cada 15 días del 07 de enero al 25 de marzo del 2021.

Ensayo= Los siete ensayos realizados (1 Temperatura, 2 pH, 3 DBO<sub>5</sub>, 4, Aceites y grasas, 5 oxígeno disuelto, 6 coliformes termotolerantes, 7 *Escherichia coli*)

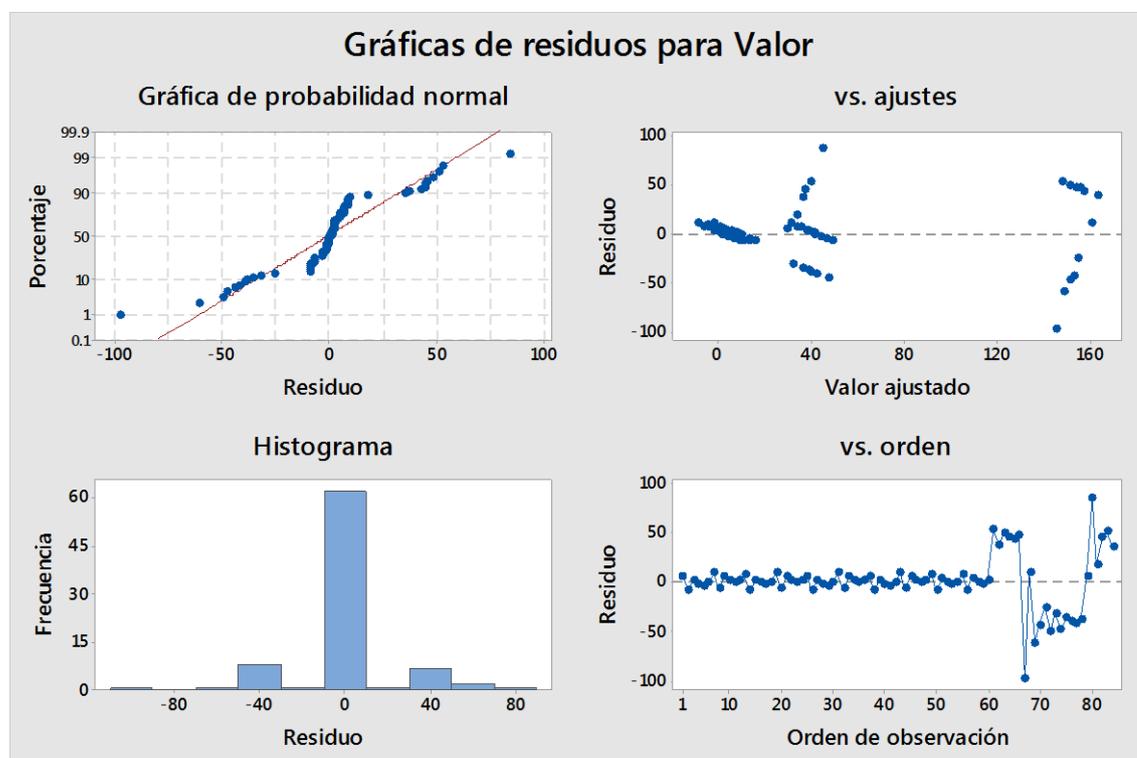
Nota: En la Tabla, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de la estación de muestreo de agua termal EM2, en comparación con los estándares de calidad dados en el Decreto

Supremo N° 004–2017 –MINAM, con la finalidad de verificar que la EM1 “Chancay Baños” cumpla con la calidad del agua para uso recreacional.

En la Figura 39, se muestra la gráfica de residuos para la estación EM2, conformado por cuatro gráficas. La gráfica de probabilidad normal, indica como los parámetros físico-químicos y microbiológicos se acercan a la línea de tendencia por lo que existe una relación significativa que equivale a  $R^2$  80.10%. En la gráfica de vs ajustes se muestran los valores más dispersos y como estos se ajustaron a la línea de tendencia. En el histograma se muestra la frecuencia de ocurrencia de un residuo, para conocer la cantidad de valores que fueron ajustados al modelo lineal general. Por último, en la gráfica de vs. Orden, se observa el orden de las observaciones en el rango de variación de los residuos de -1 a 1, para la estación de muestreo de agua termal EM2 en “Chancay Baños”.

**Figura 39.**

*Gráfica de residuos para la estación EM2*



Nota: En la Figura, se muestran cuatro gráficas que han formado parte del análisis ANOVA, tales como: gráfica de probabilidad normal, vs. Ajustes, histograma y vs. Orden.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- (1) Las aguas termales “Chancay Baños” son mesotermiales según la temperatura promedio del agua para la EM1 y EM2, de 40,64 y 39,91 °C, respectivamente. El valor pH oscila de 6,00 a 7,00 para ambos puntos de muestreo, siendo un agua neutra. El agua termal en ambas estaciones de muestreo no tiene presencia de DBO<sub>5</sub> y aceites y grasas. La EM1 y EM2 presentan un valor de oxígeno disuelto promedio de 2,57 mgL<sup>-1</sup> y 3,43 mgL<sup>-1</sup>, lo cual es positivo debido a que mayores valores de oxígeno disuelto indicarían la presencia de vida acuática.
- (2) El agua termal de la EM1 "Chancay Baños"- Santa Cruz no presenta concentración de parámetros bacteriológicos, mientras que el agua de la EM2 presenta una concentración promedio de coliformes termotolerantes y *Escherichia coli* de 107,50 NMP/100mL y 76,67 NMP/100mL, por tanto, no cumple con los estándares de calidad ambiental.
- (3) Las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de Chancay Baños de la EM1 cumple con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas de categoría I subcategoría B1, en cambio, la EM2 presenta parámetros bacteriológicos superiores o cercanos al límite máximo permisible para agua de uso recreativo.

## **5.2. Recomendaciones**

- (1) Tomar en cuenta los parámetros físico-químicos y biológicos del agua termal “Chancay Baños”, para plantear la mejora continua del sistema por parte de las entidades correspondientes y la Municipalidad distrital Chancay Baños.
- (2) Los encargados del cuidado y mantenimiento del Mirador Ecológico “Chancay Baños”, deben preservar, proteger y limpiar el buzón 2, considerando que sí bien con el nuevo proyecto el uso de las pozas termales antiguas ha disminuido aún son utilizadas por algunos turistas que concurren al lugar.
- (3) Las personas que usan las piscinas o pozas termales, no estén en el agua por más de 40 minutos debido a que podrían presentar problemas de irritación visual debido a que el pH del agua es menor a 7.00, por tanto, a pesar de ser neutra, tiende a un bajo nivel ácido tal como asevera Andureza et. al (2020).
- (4) Se sugiere realizar una investigación en otros meses del año, para determinar si los parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños” varían según la temporada climatológica.

## CAPÍTULO VI.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, T., & Badruzzaman, A. B. M. (2007). Effect of thermal effluent on water quality of Sitalakhya river. *Journal of Civil Engineering, The Institution of Engineers, Bangladesh*, 35(1), 59-70.
- Alba, J.J., Ortega, J.L., Álvarez, G., Cevantes, M., Ruiz, E., Urtiz, N., y Martínez, A. (2013). Riesgos microbiológicos en agua de bebida: una revisión clínica. *Química Viva*, 12(3), 215-233.
- Alcicek, H., Bülbül A., Yavuzer I., y Alcicek M.C. (2019). Origin and evolution of the thermal waters from the Pamukkale Geothermal Field (Denizli Basin, SW Anatolia, Turkey): Insights from hydrogeochemistry and geothermometry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 1(372), 48 – 70.
- Alfred, S. & Rao, M. (2019). A Comparative Study of Water Quality Between Hot Spring and Borehole Waters of Mara, Shinyanga and Manyara Regions of Tanzania. *Science Journal of Chemistry*, 7(4), 82-89.
- Al-Hashimi, M. A. I., & Al-Mosewi, A. T. T. J. (2009). Studying of Heated Water Released from South-Baghdad Electric Power Station to the Tigris River. *Journal of Engineering*, 15(4).
- Amarouche-Yala, S., Benouadah, A., Moulla, A. S., Ouarezki, S. A., & Azbouche, A. (2015). Physicochemical, bacteriological, and radiochemical characterization of some Algerian thermal spring waters. *Water Quality, Exposure and Health*, 7(2), 233-249.
- Amat, J. (2016, junio). Correlación lineal y regresión lineal simple. *Cienciadedatos*. <https://afly.co/zqt4>
- Andureza, F., Chaucala, S., Vinueza, R., Escobar, S., Medina-Ramírez, G. y Araque, J. (2020). Calidad microbiológica de las aguas termales del balneario “El Tingo”. Pichincha. Ecuador. *Ars Pharm*, 61(1), 15 – 23.
- Arias, N.D., De La Vega, J.M., Muñiz, P. e Ysique, H.E. (2017). *Planeamiento estratégico de la provincia de Santa Cruz, Cajamarca*. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Ashraf, M. A., Maah, M. J., & Yusoff, I. (2010). Water quality characterization of varsity lake, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. *E-Journal of Chemistry*, 7(S1), S245-S254.

- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Aurazo, M. (2004). *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. ANA. <https://n9.cl/sr5i8>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). Climatología. ANA. <https://afly.co/42t5>
- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. *Gestión Ambiental*, 2(23), 12-19.
- Bolormaa, Ch, Oyuntsetseg, D., y Bolormaa, O. (2019). Study of geothermometers and chemical composition of hot springs in Zavkhan province. *Bulletin of the Institute of Chemistry and Chemical Technology, Хими, химийн технологийн хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл*, 1(7), 61-67. <https://doi.org/10.5564/bicct.v0i7.1275>
- Collazos, E.A. (2012). *Complejo turístico termal en Huancahuasi*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicada].
- Castillo, K.M. y Quispe, R.A. (2019). *Calidad físicoquímica y microbiológica del río Chonta impactadas por vertimiento de aguas residuales urbanas e industriales en el distrito Baños del Inca – Cajamarca, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
- Cruz, M.M. (2018). *Determinación de la calidad físicoquímica y bacteriológica del agua en las piscinas del centro turístico Los Baños termales de San Mateo – Provincia de Moyobamba – Departamento de San Martín 2015*. [Tesis de grado, Universidad de San Martín – Tarapoto].
- De La Riva, J.W. (2017). *Termalismo como alternativa para la oferta turística de Qollpa Apacheta – 2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]
- Díaz, L.Á., Tarrillo, R.E., y Campos, A.J. (2020). Caracterización y evaluación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Colpamayo, Chota. *Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 13-23.
- Díaz, W.E. (2016). *Calidad de agua de uso poblacional de la ciudad de Chota – Cajamarca 2014*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- DS N° 002 – 2008 – MINAM. (2008). *Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua*. MINAM.
- DS N° 004 – 2017 – MINAM. (2017). *Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua*. MINAM.

- DS N° 001–96–AG. (1996). *Declaración como zona reservada al área geográfica ubicada en el distrito de Chancay baños provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Lima, Perú.* MINAM.
- Ercilio, F., Rodríguez, S., Caber, W., Ortiz, I., Noriega, P. y Tejada, M. (2005). *Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú.* Gráfica Loro's S.A.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 3(11), 147-170.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Land & Water*, FAO. <https://aflly.co/rhk3>
- Fundación nacional de salud. (2013). *Manual práctico de análisis de agua, 4ta ed.* Ministerio de salud.
- Fustamante, F.I. (2020). *Evaluación del comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua de categoría III en la quebrada "San Mateo" – distrito de Chota, 2019.* [Tesis de grado para obtener el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
- Gamborata, D., Leonardi, V. y Elías, S. (2018). Las aguas termales como patrimonio natural y cultural. Potencialidad turística en Bahía Blanca (Argentina). *International Journal of Scientific Managment Tourism*, 4(2), 285-301.
- Goldscheider, N., Mádl-Szőnyi, J., Eröss, A., & Schill, E. (2010). Thermal water resources in carbonate rock aquifers. *Hydrogeology Journal*, 18(6), 1303-1318.
- Hernández, R., Fernández C. y Baptista M.P. (2014). *Metodología de la investigación.* McGraw Hill Education.
- Him Fábrega, J. (2020). Descripción biológica de aguas termales de los pozos de Calobre, Veraguas, Panamá. *Guacamaya*, 4(2), 53-63.
- Hinwood, A., Heyworth, J., Tanner, H., & Mccullough, C. D. (2012). Recreational Use of Acidic Pit Lakes—Human Health Considerations for Post Closure Planning. *Journal of Water Resource and Protection*, 4(4), 1061-1070.
- Klosok-Bazan, I. (2016). Analysis of recreational use and treatment possibilities of geothermal water taken from sandstone layer in Opole city. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 3, 27-33.
- Lavalle, A. (2006). *Monografía de Chancay Baños.* Universidad Nacional privada "Trujillo".

- Lenntech. (2021). *¿Por qué es importante el oxígeno disuelto en el agua?* Lenntech USA LLC (Américas). <https://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua>
- López, E.M., García, B., Reynoso, Y., González, P., y Larroudé, V. (2015). Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y salud pública. Estudio de caso. *Química y Biotecnología ORT Argentina*, 240(1), 1 – 11.
- Lu, S., Ren, T., Gong, Y., & Horton, R. (2007). An improved model for predicting soil thermal conductivity from water content at room temperature. *Soil Science Society of America Journal*, 71(1), 8-14.
- Masias, P.J. (2018). Características químicas e isotópicas del sistema hidrotermal del complejo volcánico nevado Coropuna, Arequipa. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Marzadri, A., Tonina, D., & Bellin, A. (2013). Quantifying the importance of daily stream water temperature fluctuations on the hyporheic thermal regime: Implication for dissolved oxygen dynamics. *Journal of Hydrology*, 507, 241-248.
- Mavridou, A., Pappa, O., Papatzitze, O., Dioli, C., Kefala, A. M., Drossos, P., & Beloukas, A. (2018). Exotic Tourist Destinations and Transmission of Infections by Swimming Pools and Hot Springs—A Literature Review. *International journal of environmental research and public health*, 15(12), 2730.
- Mercede, S. y Mamoon, A. (2019) First-time versus repeat tourists: level of satisfaction, emotional involvement, and loyalty at hot spring. *Anatolia*, 30(1), 61-74. DOI: 10.1080/13032917.2018.1498363
- Ministerio del Ambiente – MINAM. (2012) *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. MINAM.
- MINAM. (26 de diciembre, 2015). *Estándares de calidad del agua en el Perú se adecuan a parámetros internacionales*. MINAM. <https://afly.co/rhg3>
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2012). *Estrategia de turismo termal en Perú*. <https://n9.cl/x3mng>
- Ministerio de Salud, MINSA. (2018). *Vigilancia y control de la calidad del agua*. Instituto Nacional de la Salud.
- Mishra, R. K., & Tiwari, G. N. (2013). Energy and exergy analysis of hybrid photovoltaic thermal water collector for constant collection temperature mode. *Solar Energy*, 90, 58-67.

- Mizwar, A., & Surapati, H. U. (2020, March). Biological Oxygen Demand (BOD5) as Bio Indicator of Phytoplankton Diversity Index in The Mangrove Area of Kintap Estuary-South Kalimantan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 448, No. 1, p. 012126). IOP Publishing.
- Mohd Hussain, R. H., Ishak, A. R., Abdul Ghani, M. K., Ahmed Khan, N., Siddiqui, R., & Shahrul Anuar, T. (2019). Occurrence and molecular characterisation of Acanthamoeba isolated from recreational hot springs in Malaysia: evidence of pathogenic potential. *Journal of water and health*, 17(5), 813-825.
- Mora, V. y Cedeño, J. (2006). Determinación fisicoquímica y bacteriológica del agua en las etapas de tratamiento en planta de potabilización. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 10(37), ISSN 1316-4821. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-48212006000100007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212006000100007)
- Moreno, L. (2003). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno fundamentos y casos prácticos*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Narayan, V. V., Hatha, M. A., Morgan, H. W., & Rao, D. (2008). Isolation and characterization of aerobic thermophilic bacteria from the Savusavu hot springs in Fiji. *Microbes and environments*, 0809250010-0809250010.
- Noriega-Treviño, M.E, Quintero, C.C., Guajardo, J.M., Morales, J.E., Compeán, M.E. y Ruiz, F. (2012). Desinfección y purificación de agua mediante nanopartículas metálicas y membranas compósitas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(1), 87-100.
- Organismo Mundial de la Salud. (2020). *Agua, saneamiento y salud (ASS), Aguas recreativas (balnearios)*. OMS. <https://afly.co/rhh3>
- OMS. (2000). *Guidelines for Safe Recreational-water Environments, Vol. 2: Swimming Pools, Spas and Similar Recreational-water Environments, Chapter 5 Managing Water and air quality*. OMS.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Agua y Empleo. UNESCO CLD*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2019). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos: Agua y Empleo. UNESCO CLD*.

- Orillo, J.F. (2010). *Vocación recreacional y turística, potencialidades, proceso ZEE – OT*. Gobierno Regional de Cajamarca
- Palomino, P.D. (2018). Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016. *Revista de la Universidad Nacional Agraria La Molina*, [artículo online]. <https://afly.co/y613>
- Pariente, E., Chávez, J. y Reynel, C. (2016). Evaluación del potencial turístico del distrito de Huarango – San Ignacio, Cajamarca – Perú. *Ecología aplicada*, 15(1), 1 – 16. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.581>
- Oquendo, A. (2000). *Vigilancia de la calidad del agua en el Perú*. FAO. [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/docrep/RLC1026s/rlc1026s.002.pdf](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/docrep/RLC1026s/rlc1026s.002.pdf)
- Quispe, E. y Rios, C.C. (2017). *Centro turístico termomedicinal en el Balneario de Churin*. [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma].
- Ramírez, L.A. (2018). *Contaminación bacteriológica por coliformes totales, coliformes fecales, Escherichia coli y salmonella sp. en aguas termales de alcance turístico de la región San Martín – Perú 2016*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto].
- Ríos, D.I. (2019). *Identificación de microorganismos aislados de agua termal de Chignahuapan, Puebla*. [Tesis de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].
- Ristic, D., Vukoičić, D., Nikolić, M., Milinčić M., y Kićović, D. (2019). Capacities and energy potential of thermal-mineral springs in the area of the Kopaonik tourist region (Serbia). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1(102), 129 – 138.
- Rock, C. y Rivera, B. (2014). *La calidad del agua, Escherichia coli y su salud*. College of Agriculture and life sciences.
- Rodríguez-Heredia, D., Santana-Gómez, M.A., y Creagh-Limia, B.R. (2016). Contaminación por grasas y aceites en zonas de baño de la Bahía de Santiago de Cuba. Parte#1: Determinación Química. *Ciencia en su PC – Centro de información y gestión tecnológica de Santiago de Cuba*, 1(1), 77-88.
- Rodríguez-Heredia, D., y Santana-Gómez, M.A. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la Bahía de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(2), 339-348.

- Romero, S., García, J., Valdez, B. y Vega, M. (2010). Calidad del agua para actividades recreativas del Río Hardy en la región fronteriza México – Estados Unidos. *Información Tecnológica*, 21(5), 69-78.
- Saldaña, E.J. (2017). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, región Cajamarca – 2017*. [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte].
- Selong, J. H., McMahon, T. E., Zale, A. V., & Barrows, F. T. (2001). Effect of temperature on growth and survival of bull trout, with application of an improved method for determining thermal tolerance in fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130(6), 1026-1037.
- SERNANP. (2020). *Chancay Baños*, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. Recuperado 25 de julio del 2020, De <https://www.sernanp.gob.pe/chancaybanos>
- Simon, N., Unijah, T., Yusry M. & Dzulkafli, MA. (2019). Physico-chemical Characterisation and Potential Health Benefit of the Hulu Langat Hot Spring in Selangor, Malaysia. *Sains Malaysiana*, 48(11), 2451 – 2462. DOI: <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2019-4811-15>
- Shakhatreh, M. A. K., Jacob, J. H., Hussein, E. I., Masadeh, M. M., Obeidat, S. M., Abdul-salam, F. J., & Abd Al-razaq, M. A. (2017). Microbiological analysis, antimicrobial activity, and heavy-metals content of Jordanian Ma'in hot-springs water. *Journal of infection and public health*, 10(6), 789-793.
- Stefunkova, A., Cverenkárová, K., Krahulcová, M., Mackuľak T. y Bírošová, L. (2020). Antibiotic resistant bacteria in surface Waters in Slovakia. *Acta Chimica Slovaca*, 13(1), 63 – 71. DOI: <https://doi.org/10.2478/acs-2020-0010>
- Torres-Ceron, Acosta-Medina y Restrepo-Parra. (2019). Geothermal and mineralogic análisis of hot Springs in the Puracé- La Mina Sector in Cauca, Colombia. *Wiley Hindawi*, 1(1), 1 – 20. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3191454>
- Urbina, M.A. y Salazar, R.A. (2014). *Caracterización de la comercialización de los “Baños termales” y “Termas” de Chile y formulación de propuesta para el desarrollo comercial de la industria termal chilena*. [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile].
- Valcheva, N., Ignatov, I. y Dinkov, G. (2020). Microbiological and Physicochemical Research of Thermal Spring and Mountain Spring Waters in the District of Sliven,

- Bulgaria. *Journal of Advances in Microbiology*, 20 (2), 9-17.  
<https://doi.org/10.9734/jamb/2020/v20i230213>
- Valcheva, N. e Ignatov, I. (2019). Physicochemical and Microbiological characteristics of thermal healing spring Waters in the district of Varna. *Journal of Advances in Microbiology*, 19(59), 10-16. DOI: 10.7176/JMPB
- Vargas, M.; Fernández, J. y Mendoza, J.L. (2019). Determinación de la calidad microbiológica de las aguas termales de Yura durante los meses de septiembre a diciembre, 2017. *Veritas, [S.l.]*, v. 20, n. 1, p. 93-98.
- Vargas, M. (2018). *Determinación de la calidad microbiológica de las aguas termales de Yura durante los meses de septiembre a diciembre, 2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín]
- Vera, M.I. y Garay, J.M. (2019). Evaluación de los parámetros del agua termal para consumo humano y mejora de su calidad – distrito de Cachicadán, 2019. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Vergaray, G., Méndez, C.R., Morante, H.Y., Heredia, V.I., y Béjar, V.R. (2007). Enterococcus y Escherichia coli como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Revista del Instituto de Investigaciones De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas*, 10(20), 82-86.  
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v10i20.498>
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L. & Yen, K. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias (9na ed.)*. Pearson educación

## CAPÍTULO VII.

### ANEXOS

#### *Anexo N° 1. Matriz de consistencia*

**Tesis:** Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1

“Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020.

**Autor(a):** Roxana Licet Edquén Gavidia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnicas	Instrumentos	
¿Los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” cumplirán significativamente con los estándares de calidad según subcategoría B1?	<p><b>Objetivo General</b>                      Evaluar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Determinar las concentraciones de los parámetros físicos-químicos (AyG, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y Conductividad) en las aguas Termales "Chancay Baños"- Santa Cruz, 2020.</li> <li>– Determinar las concentraciones de los parámetros Bacteriológicos (Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli) en las aguas Termales "Chancay Baños"- Santa Cruz, 2020.</li> <li>– Comparar las concentraciones de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales de Chancay Baños con los estándares de calidad ambiental (ECAS) para aguas de categoría I subcategoría B1.</li> </ul>	H1: Hay diferencia significativa entre los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las aguas termales “Chancay Baños” – Santa Cruz, 2020 y los ECAS-aguas subcategoría B1, por tanto, el agua termal “Chancay Baños” no cumple significativamente con el DS N° 004 – 2017 – MINAM.	<b>Variable independiente</b>	Parámetros físico-químicos	Temperatura	°C	Observación	Guía de observación	
			<b>Parámetros físico-químicos y bacteriológicos</b>		Aceites y grasas	mgL <sup>-1</sup>			
					pH	Unidad de pH			
					Oxígeno disuelto	mgL <sup>-1</sup>			
				DBO <sub>5</sub>	mgL <sup>-1</sup>				
			<b>Variable dependiente Calidad del agua termal</b>	Estándares de calidad ambiental	Parámetros físico – químicos	Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	Comparación	Hoja de comparación
						Escherichia coli	Ufc/mL		
							Parámetros físico – químicos	Valor	
				Parámetros microbiológicos	Valor				

**Anexo N° 2. Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal**

**Tabla 24.**

*Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños”, Estación EMI, según ECAS para categoría I, subcategoría B1*

Parámetros físico-químicos y bacteriológicos	ECAS	EMI						Estadística descriptiva		
		7/01/2021	22/01/2021	8/02/2021	23/02/2021	10/03/2021	25/03/2021	Promedio	Desv. Est.	C.V.
Temperatura	° C	40.63	40.64	40.65	40.64	40.64	40.64	40.64	0.01	0.0%
Potencial de hidrógeno (pH)	6 a 9	7.02	6.77	6.09	6.75	6.66	6.08	6.56	0.39	5.9%
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	0.00	0.00	0.0%
Aceites o grasas	Ausencia	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	0.00	0.00	0.0%
Oxígeno disuelto (mgL <sup>-1</sup> )	>=5	2.70	2.20	2.50	2.40	2.80	2.80	2.57	0.24	9.4%
Coliformes termotolerantes	200	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	0.00	0.00	0.0%
Escherichia coli	Ausencia	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	0.00	0.00	0.0%

LCM= Límite de cuantificación del método, valor < LCM significa que la concentración del analítico es mínima (trazas).

Coliformes termotolerantes y Escherichia coli en NMP/100mL

**Tabla 25.**

*Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua termal “Chancay Baños”, Estación EM2, según ECAS para categoría I, subcategoría B1*

Parámetros físico-químicos y bacteriológicos	ECAS	EM2						Estadística descriptiva		
		7/01/2021	22/01/2021	8/02/2021	23/02/2021	10/03/2021	25/03/2021	Promedio	Desv. Est.	C.V.
Temperatura	° C	39.98	39.92	39.76	39.99	40	39.81	39.91	0.10	0.3%
Potencial de hidrógeno (pH)	6 a 9	6.21	6.18	6	6.19	6.11	6.16	6.14	0.08	1.3%
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	5	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	0.00	0.00	0.0%
Aceites o grasas	Ausencia	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	< LCM	0.00	0.00	0.0%
Oxígeno disuelto (mgL <sup>-1</sup> )	>=5	3.3	3.00	3.50	3.40	3.80	3.60	3.43	0.27	8.0%
Coliformes termotolerantes	200	47	170	88	109	129	102	107.50	41.09	38.2%
Escherichia coli	Ausencia	34	130	51	82	91	72	76.67	33.40	43.6%

LCM= Límite de cuantificación del método, valor < LCM significa que la concentración del analítico es mínima (trazas).

Coliformes termotolerantes y Escherichia coli en NMP/100mL

*Anexo N° 3. Panel fotográfico*

**Figura 40**

*Ensayos de temperatura y pH en las aguas termales “Chancay Baños”, estación EMI, utilizando un multiparámetro proporcionado por la EPIFA de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*



### Figura 41

*Toma de muestras de las aguas termales “Chancay Baños” en la EMI, para ensayos en el laboratorio regional de Cajamarca*

*a) Recolección de muestra de agua en un balde, b) Uniformización de la mezcla y vertido en los depósitos respectivos según tipo de ensayo a realizar*



**Figura 42**

*Proceso de muestreo para el ensayo de oxígeno disuelto*

*a) Toma de muestra en un balde, b) Vertido de muestra en el envase, c) Sellado y protección del envase con la muestra de agua*



### Figura 43

*Proceso de muestreo para el ensayo de aceites y grasas (envase oscuro) y para ensayos bacteriológicos*

*a) Toma de muestra en un balde, b) Vertido de muestra en el envase, c) Sellado y protección del envase con la muestra de agua*



**Figura 44**

*Muestras de agua termal recolectadas en la EMI, para ensayos físico-químicos y bacteriológicos en el laboratorio Regional de Cajamarca*



**Figura 45**

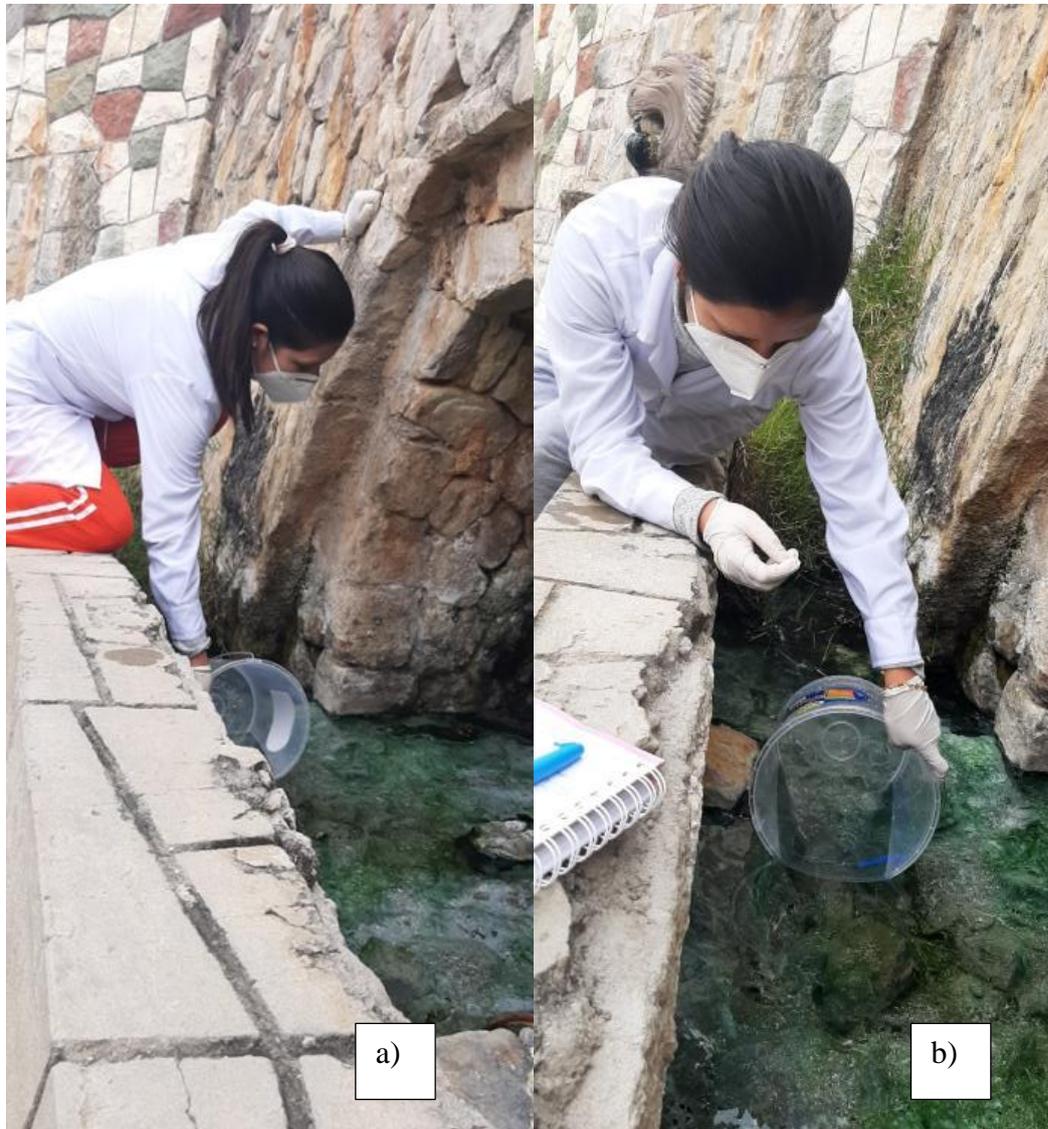
*Ensayos de temperatura y pH en las aguas termales “Chancay Baños”, estación EM2, utilizando un multiparámetro proporcionado por la EPIFA de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*



**Figura 46**

*Toma de muestras de las aguas termales “Chancay Baños” en la EM2, para ensayos en el laboratorio regional de Cajamarca*

*a) Recolección de muestra de agua en un balde, b) Uniformización de la mezcla y vertido en los depósitos respectivos según tipo de ensayo a realizar*



**Figura 47**

*a) Toma de muestra en un balde, b) Vertido de muestra en el envase para ensayo de oxígeno disuelto, c) Agua para ensayo de aceites y grasas, d) Agua para ensayos bacteriológicos*



**Figura 48**

*Muestras de agua termal de la estación EM2, para ensayos físico-químicos y bacteriológicos en el laboratorio Regional de Cajamarca*



**Figura 49**

*Envases para la recolección de muestras enviadas por el laboratorio regional de Cajamarca*

*a) Antes de la recolección del agua termal, b) después de la recolección del agua termal*



a)



b)

*Anexo N° 4. Cadena de custodia*



*Anexo N° 5. Informes de ensayos de laboratorio*

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0121009**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	<b>ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA</b>		
Dirección	<b>Jr. Cajamarca N° 846-Chota</b>		
Persona de contacto	<b>ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA</b>	Correo electrónico	<a href="mailto:redquengavidia@gmail.com">redquengavidia@gmail.com</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>07.01.2021</b>	Hora de Muestreo	<b>7:30 a 8:23</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquimicos- Microbiológicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	<b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación</b>		
Referencia de la Muestra:	<b>Santa Cruz</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	<b>SC- 1056</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 009 - 21</b>
Fecha y Hora de Recepción	<b>07.01.2021</b>	<b>17:18</b>	Inicio de Ensayo <b>07.01.2021</b> <b>17:35</b>
Reporte Resultado	<b>18.01.2021</b>	<b>07:12</b>	



Edder Neyra Jalco  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 18 de Enero del 2021

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0121009**

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0121009-01	0121009-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	5.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	2.7	3.3	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	47	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	34	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1604 Rev. 8, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Simulated Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2, 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures

**NOTAS FINALES**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 18 de Enero del 2021

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0121036A**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA**  
Dirección **Jr. Cajamarca N° 846-Chota**  
Persona de contacto **ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA** Correo electrónico [redquengavidia@gmail.com](mailto:redquengavidia@gmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **22.01.2021** Hora de Muestreo **7:00 a 7:30**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**  
Procedimiento de Muestreo **-**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquimicos- Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**  
Referencia de la Muestra: **Santa Cruz**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC- 1056** Cadena de Custodia **CC - 036A - 21**  
Fecha y Hora de Recepción **22.01.2021 12:30** Inicio de Ensayo **22.01.2021 12:45**  
Reporte Resultado **01.02.2021 15:00**



Edder Neyra Jalco  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

Cajamarca, 01 de febrero de 2021

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0121036A**

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0121036A-01	0121036A-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	5.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	2.2	3.0	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	170	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	130	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1604 Rev. 8, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Sika Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2, 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures.

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.  
 (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
  - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 01 de febrero de 2021

**INFORME DE ENSAYO N°**

**IE 0221074**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre	<b>ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA</b>		
Dirección	<b>Jr. Cajamarca N° 846-Chota</b>		
Persona de contacto	<b>ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA</b>	Correo electrónico	<a href="mailto:redquengavidia@gmail.com">redquengavidia@gmail.com</a>

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo	<b>08.02.2021</b>	Hora de Muestreo	<b>7:15 a 7:30</b>
Responsable de la toma de muestra	<b>Cliente</b>	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de puntos de muestreo	<b>02</b>		
Ensayos solicitados	<b>Fisicoquímicos- Microbiológicos</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	<b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación</b>		
Referencia de la Muestra:	<b>Santa Cruz</b>		

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato	<b>SC- 1056</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 074 - 21</b>
Fecha y Hora de Recepción	<b>08.02.2021 12:00</b>	Inicio de Ensayo	<b>08.02.2021 12:15</b>
Reporte Resultado	<b>17.02.2021 16:30</b>		



Edder Neyra Jalco  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

**Cajamarca, 17 de Febrero del 2021**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0221074**

ENSAYOS			Fisicoquímicos				
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-
Código Laboratorio			0221074-01	0221074-02	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	<LCM	<LCM	-	-	-
Aceltes y Grasas	mg/L	5.0	<LCM	<LCM	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.50	2.5	3.5	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS				
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	88	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	51	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017; Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Aceltes y Grasas	mg/L	EPA Method 1604 Rev. 8, 2010; n-Hexane Extractable Material (HEM, Un-aqueous) and Total Oil Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O <sub>2</sub> -C, 23rd Ed. 2017; Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017; Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2, 23rd Ed. 2017; Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 17 de Febrero del 2021

**INFORME DE ENSAYO N°**

**IE 0221080**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA**  
Dirección **Jr. Cajamarca N° 846-Chota**  
Persona de contacto **ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA** Correo electrónico [redquengavidia@gmail.com](mailto:redquengavidia@gmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **23.02.2021** Hora de Muestreo **7:20 a 8:10**  
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**  
Procedimiento de Muestreo **-**  
Tipo de Muestreo **Puntual**  
Número de puntos de muestreo **02**  
Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**  
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
Referencia de la Muestra: **Santa Cruz**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC- 1056** Cadena de Custodia **CC - 080 - 21**  
Fecha y Hora de Recepción **23.02.2021 12:15** Inicio de Ensayo **23.02.2021 12:30**  
Reporte Resultado **04.03.2021 16:00**



Edder Neyra Jalco  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

**Cajamarca, 04 de Marzo del 2021**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0221080**

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0221080-01	0221080-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O <sub>2</sub> /L	2.6000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Acetiles y Grasas	mg/L	5.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5000	2.4	3.4	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	<1.8	109	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	82	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Acetiles y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Total Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O <sub>2</sub> C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8221 A,B,C,E,G2, 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 04 de Marzo del 2021

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321092**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA**  
 Dirección **Jr. Cajamarca N° 846-Chota**  
 Persona de contacto **ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA** Correo electrónico [redquengavidia@gmail.com](mailto:redquengavidia@gmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **10.03.2021** Hora de Muestreo **7:10 a 8:00**  
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**  
 Procedimiento de Muestreo **-**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de puntos de muestreo **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquímicos- Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**  
 Referencia de la Muestra: **Santa Cruz**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC- 1056** Cadena de Custodia **CC - 092 - 21**  
 Fecha y Hora de Recepción **10.03.2021 12:00** Inicio de Ensayo **10.03.2021 12:15**  
 Reporte Resultado **19.03.2021 15:45**



Edder Neyra Jaico  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147026

**Cajamarca, 19 de Marzo del 2021**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321092**

ENSAYOS			Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0321092-01	0321092-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Acetles y Grasas	mg/L	5.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O2/L	0.5000	2.8	3.8	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	1.8	<1.8	129	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	91	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Acetles y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM) Un-aqueous and silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O <sup>-</sup> C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved), Azide Modification
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2, 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Other Escherichia coli Procedures.

**NOTAS FINALES**

- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
- (\*\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la Informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 19 de Marzo del 2021

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321126**

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ROXANA LICET EDQUÉN GAVIDIA**  
 Dirección **Jr. Cajamarca N° 846-Chota**  
 Persona de contacto **ROXANA LICET EDQUEN GAVIDIA** Correo electrónico [redquengavidia@gmail.com](mailto:redquengavidia@gmail.com)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **25.03.2021** Hora de Muestreo **7:40 a 8:25**  
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**  
 Procedimiento de Muestreo **-**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de puntos de muestreo **02**  
 Ensayos solicitados **Fisicoquimicos- Microbiológicos**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**  
 Referencia de la Muestra: **Santa Cruz**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC- 1056** Cadena de Custodia **CC - 126 - 21**  
 Fecha y Hora de Recepción **25.03.2021 12:45** Inicio de Ensayo **25.03.2021 13:00**  
 Reporte Resultado **04.04.2021 17:15**



**Edder Neyra Jalco**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147026

**Cajamarca, 04 de Abril del 2021**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0321126**

ENSAYOS			Físicoquímicos					
Código de la Muestra			F Bter.1	F Bter.2	-	-	-	-
Código Laboratorio			0321126-01	0321126-02	-	-	-	-
Matriz			Natural	Natural	-	-	-	-
Descripción			Subterránea	Subterránea	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Chancay Baños	Chancay Baños	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	5.0000	<LCM	<LCM	-	-	-	-
Oxígeno Disuelto	mg O <sub>2</sub> /L	0.5000	2.8	3.6	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100ml	1.8	<1.8	102	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/ 100mL	1.8	<1.8	72	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. 6, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Total Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O <sub>2</sub> C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G2. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.

**NOTAS FINALES**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 04 de Abril del 2021

***Anexo N° 6. DS-004-2017-MINAM***

## Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias

DECRETO SUPREMO  
N° 004-2017-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2 de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida;

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, en adelante la Ley, el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, entre otros, las normas que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en la Ley;

Que, el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; asimismo, el numeral 31.2 del artículo 31 de la Ley establece que el ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, así como un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental;

Que, de acuerdo con lo establecido en el numeral 33.1 del artículo 33 de la Ley, la Autoridad Ambiental Nacional dirige el proceso de elaboración y revisión de ECA y Límites Máximos Permisibles (LMP) y, en coordinación con los sectores correspondientes, elabora o encarga las propuestas de ECA y LMP, los que serán remitidos a la Presidencia del Consejo de Ministros para su aprobación mediante Decreto Supremo;

Que, en virtud a lo dispuesto por el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplica el principio de gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, de conformidad con lo establecido en el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización, y Funciones del Ministerio del Ambiente, este ministerio tiene como función específica elaborar los ECA y LMP, los cuales deberán contar con la opinión del sector correspondiente y ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Decreto Supremo N° 002-2005-MINAM se aprueban los ECA para Agua y, a través del Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM, se aprueban las disposiciones para su aplicación;

Que, asimismo, mediante Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM se modifican los ECA para Agua y se establecen disposiciones complementarias para su aplicación;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 331-2016-MINAM se crea el Grupo de Trabajo encargado de establecer medidas para optimizar la calidad ambiental, estableciendo como una de sus funciones específicas, el analizar y proponer medidas para mejorar la calidad ambiental en el país;

Que, en mérito del análisis técnico realizado se ha identificado la necesidad de modificar, precisar y unificar la normatividad vigente que regula los ECA para agua;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 072-2017-MINAM, se dispuso la prepublicación del proyecto normativo, en cumplimiento del Reglamento sobre Transparencia, Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2009-MINAM, y el artículo 14 del Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad,

publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS; en virtud de la cual se recibieron aportes y comentarios al mismo;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, así como el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

### Artículo 1.- Objeto de la norma

La presente norma tiene por objeto cumplir las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2005-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

### Artículo 2.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Apruébase los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, que como Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

### Artículo 3.- Categorías de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua

Para la aplicación de los ECA para Agua se debe considerar las siguientes precisiones sobre sus categorías:

#### 3.1 Categoría 1: Poblacional y recreacional

##### a) Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Entiéndase como aquellas aguas que, previo tratamiento, son destinadas para el abastecimiento de agua para consumo humano:

##### - A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

Entiéndase como aquellas aguas que, por sus características de calidad, reúnen las condiciones para ser destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano con simple desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A2. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: Coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente.

##### - A3. Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional que incluye procesos físicos y químicos avanzados como precioración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa o procesos equivalentes establecidos por el sector competente.

##### b) Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo que se ubican en zonas marino costeras o continentales. La amplitud de las zonas marino costeras es variable y comprende la franja del mar entre el límite de la tierra hasta los 500 m de la línea paralela de baja marea. La amplitud de las zonas continentales es definida por la autoridad competente.

**- B1. Contacto primario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto primario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de actividades como la natación, el esquí acuático, el buceo libre, el surf, el canotaje, la navegación en tabla a vela, la moto acuática, la pesca submarina o similares.

**- B2. Contacto secundario**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas al uso recreativo de contacto secundario por la Autoridad de Salud, para el desarrollo de deportes acuáticos con botes, lanchas o similares.

**3.2 Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales****a) Subcategoría C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de moluscos (Ej.: ostras, almejas, choros, navajas, machas, conchas de abanico, palabritas, mejillones, caracol, lapa, entre otros), equinodermos (Ej.: erizos y estrella de mar) y tunicados.

**b) Subcategoría C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas destinadas a la extracción o cultivo de otras especies hidrobiológicas para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría comprende a los peces y las algas comestibles.

**c) Subcategoría C3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras**

Entiéndase como aquellas aguas aledañas a las infraestructuras marino portuarias, actividades industriales o servicios de saneamiento como los emisarios submarinos.

**d) Subcategoría C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas**

Entiéndase como aquellas aguas cuyo uso está destinado a la extracción o cultivo de especies hidrobiológicas para consumo humano.

**3.3 Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales****a) Subcategoría D1: Riego de vegetales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para el riego de los cultivos vegetales, las cuales, dependiendo de factores como el tipo de riego empleado en los cultivos, la clase de consumo utilizado (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales o de transformación a los que puedan ser sometidos los productos agrícolas:

**- Agua para riego no restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos (Ej.: hortalizas, plantas frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles o arbustos frutales con sistema de riego por aspersión, donde el fruto o partes comestibles entran en contacto directo con el agua de riego, aun cuando estos sean de tallo alto; parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivo.

**- Agua para riego restringido**

Entiéndase como aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos (Ej.: habas); cultivos de tallo alto en los que el agua de riego no entra en contacto con el fruto (Ej.: árboles frutales); cultivos a ser procesados, envasados y/o industrializados (Ej.: trigo, arroz, avena y quinua); cultivos industriales no comestibles (Ej.: algodón), y; cultivos forestales, forrajes, pastos o similares (Ej.: maíz forrajero y alfalfa).

**b) Subcategoría D2: Bebida de animales**

Entiéndase como aquellas aguas utilizadas para bebida de animales mayores como ganado vacuno,

equino o camélido, y para animales menores como ganado porcino, ovino, caprino, cuyes, aves y conejos.

**3.4 Categoría 4: Conservación del ambiente acuático**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas.

**a) Subcategoría E1: Lagunas y lagos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lénticos, que no presentan corriente continua, incluyendo humedales.

**b) Subcategoría E2: Ríos**

Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua lóticos, que se mueven continuamente en una misma dirección:

**- Ríos de la costa y sierra**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la parte alta de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por encima de los 600 msnm.

**- Ríos de la selva**

Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la parte baja de la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, por debajo de los 600 msnm, incluyendo las zonas meándricas.

**c) Subcategoría E3: Ecosistemas costeros y marinos****- Estuarios**

Entiéndase como aquellas zonas donde el agua de mar ingresa en valles o cauces de ríos hasta el límite superior del nivel de marea. Esta clasificación incluye marismas y manglares.

**- Marinos**

Entiéndase como aquellas zonas del mar comprendidas desde la línea paralela de baja marea hasta el límite marítimo nacional.

Precisese que no se encuentran comprendidas dentro de las categorías señaladas, las aguas marinas con fines de potabilización, las aguas subterráneas, las aguas de origen minero - medicinal, aguas geotermales, aguas atmosféricas y las aguas residuales tratadas para reuso.

**Artículo 4.- Asignación de categorías a los cuerpos naturales de agua**

4.1 La Autoridad Nacional del Agua es la entidad encargada de asignar a cada cuerpo natural de agua las categorías establecidas en el presente Decreto Supremo atendiendo a sus condiciones naturales o niveles de fondo, de acuerdo al marco normativo vigente.

4.2 En caso se identifique dos o más posibles categorías para una zona determinada de un cuerpo natural de agua, la Autoridad Nacional del Agua define la categoría aplicable, priorizando el uso poblacional.

**Artículo 5.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Agua como referente obligatorio**

5.1 Los parámetros de los ECA para Agua que se aplican como referente obligatorio en el diseño y aplicación de los instrumentos de gestión ambiental, se determinan considerando las siguientes variables, según corresponda:

a) Los parámetros asociados a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o la actividad productiva, extractiva o de servicios.

b) Las condiciones naturales que caracterizan el estado de la calidad ambiental de las aguas superficiales que no han sido alteradas por causas antrópicas.

c) Los niveles de fondo de los cuerpos naturales de agua, que proporcionan información acerca de las concentraciones de sustancias o agentes físicos,

químicos o biológicos presentes en el agua y que puedan ser de origen natural o antrópico.

d) El efecto de otras descargas en la zona, tomando en consideración los impactos ambientales acumulativos y sinérgicos que se presenten aguas arriba y aguas abajo de la descarga del efluente, y que influyan en el estado actual de la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua donde se realiza la actividad.

e) Otras características particulares de la actividad o el entorno que pueden influir en la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua.

5.2 La aplicación de los ECA para Agua como referente obligatorio está referida a los parámetros que se identificaron considerando las variables del numeral anterior, según corresponda, sin incluir necesariamente todos los parámetros establecidos para la categoría o subcategoría correspondiente.

#### **Artículo 6.- Consideraciones de excepción para la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua**

En aquellos cuerpos naturales de agua que por sus condiciones naturales o, por la influencia de fenómenos naturales, presenten parámetros en concentraciones superiores a la categoría de ECA para Agua asignada, se exceptúa la aplicación de los mismos para efectos del monitoreo de la calidad ambiental, en tanto se mantenga uno o más de los siguientes supuestos:

a) Características geológicas de los suelos y subsuelos que influyen en la calidad ambiental de determinados cuerpos naturales de aguas superficiales. Para estos casos, se demostrará esta condición natural con estudios técnicos científicos que sustenten la influencia natural de una zona en particular sobre la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, aprobados por la Autoridad Nacional del Agua.

b) Ocurrencia de fenómenos naturales extremos, que determina condiciones por exceso (inundaciones) o por carencia (sequías) de sustancias o elementos que componen el cuerpo natural de agua, las cuales deben ser reportadas con el respectivo sustento técnico.

c) Desbalance de nutrientes debido a causas naturales, que a su vez genera eutrofización o el crecimiento excesivo de organismos acuáticos, en algunos casos potencialmente tóxicos (mareas rojas). Para tal efecto, se debe demostrar el origen natural del desbalance de nutrientes, mediante estudios técnicos científicos aprobados por la autoridad competente.

d) Otras condiciones debidamente comprobadas mediante estudios o informes técnicos científicos actualizados y aprobados por la autoridad competente.

#### **Artículo 7.- Verificación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua fuera de la zona de mezcla**

7.1 En cuerpos naturales de agua donde se vierten aguas tratadas, la Autoridad Nacional del Agua verifica el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, entendida esta zona como aquella que contiene el volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química.

7.2 Durante la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental, las autoridades competentes consideran y/o verifican el cumplimiento de los ECA para Agua fuera de la zona de mezcla, en aquellos parámetros asociados prioritariamente a los contaminantes que caracterizan al efluente del proyecto o actividad.

7.3 La metodología y aspectos técnicos para la determinación de las zonas de mezcla serán establecidos por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente y la autoridad competente.

#### **Artículo 8.- Sistematización de la Información**

8.1 Las autoridades competentes de los tres niveles de gobierno, que realicen acciones de vigilancia, monitoreo, control, supervisión y/o fiscalización ambiental remitirán

al Ministerio del Ambiente la información generada en el desarrollo de estas actividades con relación a la calidad ambiental de los cuerpos naturales de agua, a fin de que sirva como insumo para la elaboración del Informe Nacional del Estado del Ambiente y para el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA).

5.2 La autoridad competente debe remitir al Ministerio del Ambiente la relación de aquellos cuerpos naturales de agua exceptuados de la aplicación del ECA para Agua, referidos en los literales a) y c) del artículo 6 del presente Decreto Supremo, adjuntando el sustento técnico correspondiente.

5.3 El Ministerio del Ambiente establece los procedimientos, plazos y los formatos para la remisión de la información.

#### **Artículo 9.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo es refrendado por la Ministra del Ambiente, el Ministro de Agricultura y Riego, el Ministro de Energía y Minas, la Ministra de Salud, el Ministro de la Producción y el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

#### **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES**

##### **Primera.- Aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en los Instrumentos de gestión ambiental aprobados**

La aplicación de los ECA para Agua en los instrumentos de gestión ambiental aprobados, que sean de carácter preventivo, se realiza en la actualización o modificación de los mismos, en el marco de la normativa vigente del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA). En el caso de instrumentos correctivos, la aplicación de los ECA para Agua se realiza conforme a la normativa ambiental sectorial.

##### **Segunda.- Del Monitoreo de la Calidad Ambiental del Agua**

Las acciones de vigilancia y monitoreo de la calidad del agua debe realizarse de acuerdo al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales aprobado por la Autoridad Nacional del Agua.

##### **Tercera.- Métodos de ensayo o técnicas analíticas**

El Ministerio del Ambiente, en un plazo no mayor a seis (6) meses contado desde la vigencia de la presente norma, establece los métodos de ensayo o técnicas analíticas aplicables a la medición de los ECA para Agua aprobados por la presente norma, en coordinación con el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y las autoridades competentes.

#### **DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS**

##### **Primera.- Instrumento de gestión ambiental y/o plan integral en trámite ante la Autoridad Competente**

Los titulares que antes de la fecha de entrada en vigencia de la norma, hayan iniciado un procedimiento administrativo para la aprobación del instrumento de gestión ambiental y/o plan integral ante la autoridad competente, tomarán en consideración los ECA para Agua vigentes a la fecha de inicio del procedimiento.

Luego de aprobado el instrumento de gestión ambiental por la autoridad competente, los titulares deberán considerar lo establecido en la Primera Disposición Complementaria Final, a efectos de aplicar los ECA para Agua aprobados mediante el presente Decreto Supremo.

##### **Segunda.- De la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas**

Para la autorización de vertimiento de aguas residuales tratadas, la Autoridad Nacional del Agua, tomará en cuenta los ECA para Agua considerados en la aprobación del instrumento de gestión ambiental correspondiente.

##### **Tercera.- De la aplicación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua en cuerpos naturales de agua no categorizados**

En tanto la Autoridad Nacional del Agua no haya asignado una categoría a un determinado cuerpo natural de agua, se debe aplicar la categoría del

recurso hídrico al que este tributa, previo análisis de dicha Autoridad.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA  
DEROGATORIA**

**Única.- Derogación de normas referidas a Estándares de Calidad Ambiental para Agua**  
Derógase el Decreto Supremo N° 002-2005-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los seis días del mes de junio del año dos mil diecisiete.

**PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD**  
Presidente de la República

**JOSÉ MANUEL HERNÁNDEZ CALDERÓN**  
Ministro de Agricultura y Riego

**ELSA GALARZA CONTRERAS**  
Ministra del Ambiente

**GONZALO TAMAYO FLORES**  
Ministro de Energía y Minas

**PEDRO OLAECHEA ÁLVAREZ-CALDERÓN**  
Ministro de la Producción

**PATRICIA J. GARCÍA FUNEGRA**  
Ministra de Salud

**EDMER TRUJILLO MORI**  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**ANEXO**

**Categoría 1: Poblacional y Recreacional**

**Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FISICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cloruro Total	mg/L	0,07	**	**
Cloruro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloratos	mg/L	200	250	250
Color (Pt)	Color verdadero Escala PtCo	15	100 (Pt)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoratos	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,10	0,10
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico	Ausencia de material flotante de origen antropico
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (d)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>6</sub> - C <sub>10</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos (e)		1,0	1,0	1,0
Bromoforno	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Toleno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Perilclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difetil Tricloroetano (DDE)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
Escherichia coli	NMP/100 ml	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copepodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estados evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

(d) En el caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitrilos-N (NO<sub>2</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 3.26 para expresarlo en unidades de Nitritos (NO<sub>2</sub>).

(e) Para el cálculo de los Trihalometanos, se obtiene a partir de la suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano), con respecto a sus estándares de calidad ambiental; que no deberán exceder el valor de 1 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{ECA_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{ECA_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{ECA_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{ECA_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

Dónde:

C= concentración en mg/L y

ECA= Estándar de Calidad Ambiental en mg/L (Se mantiene las concentraciones del Bromoformo, cloroformo, Dibromoclorometano y Bromodiclorometano).

(f) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares. Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 1:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

**Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,06	**
Color	Color verdadero Escala PtCo	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Fibrantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material fibrante	Ausencia de material fibrante
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	**
Arsenico	mg/L	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	**

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Serilo	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Niquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	5	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	200	1 000
Escherichia col	NMP/100 ml	Ausencia	Ausencia
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**
Giardia duodenalis	N° Organismo/L	Ausencia	Ausencia
Enterococos intestinales	NMP/100 ml	200	**
Salmonella spp	Presencia/100 ml	0	0
Vibrio cholerae	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia

**Nota 2:**

- UNT: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.
- NMP/100 ml: Número más probable en 100 ml.
- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2	C3	C4
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>					
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004	**	0,0052
Color (después de filtración simple) (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)	**	100 (a)
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	**	10	10	10
Fósforo Total	mg/L	0,002	0,002	**	0,025
Nitratos (NO <sub>3</sub> -) (c)	mg/L	10	10	**	13
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4	≥ 3	≥ 2,5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	7 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,0-9,0
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	80	60	70	**
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>					
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,0004	0,0001	0,0015	0,00077
Níquel	mg/L	0,0052	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0006
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0
<b>ORGÁNICO</b>					
Hidrocarburos Totales de Petróleo (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01	**
<b>Bifenilos Policlorados</b>					
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,00003	0,00003	0,00003	0,000014
<b>ORGANOLEPTICO</b>					
Hidrocarburos de Petróleo	mg/L	No visible	No visible	No visible	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30	1 000	200
	NMP/100 ml	≤ 88 (área restringida) (d)			

(a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b) Después de la filtración simple.

(c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N (NO<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos (NO<sub>3</sub>).

(d) **Área Aprobada:** Áreas de donde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

**Área Restringida:** Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, luego de ser depurados.

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

**Nota 3:**

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

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

(1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>).

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH<sub>3</sub>)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,025
15	69,7	22,0	6,96	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,06	0,364	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,266	0,094	0,043	0,021

**Nota:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH<sub>3</sub>-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH<sub>3</sub>).

**Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	510		**
Cloruro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (si)	Color verdadero Escala Pt Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

**ORGÁNICO**

**Bifenilos Policlorados**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045

**PLAGUICIDAS**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Paralión	µg/L	35	35

**Organoclorados**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difenil Tricloroetano (DDE)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

**Carbamato**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Aldicarb	µg/L	1	11

**MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO**

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

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

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

**Nota 4:**

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

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

## Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS-QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (ir)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,005	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,6	5,6
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,052
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 100	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0056	0,0056
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0052	0,0052
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0051	0,0051
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0005	0,0005	0,0005	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,051	0,051
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benz(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrin	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrin	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000019	0,000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,000057	0,000057
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000023	0,000023
Heptacloro	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,000036	0,000036

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Hepcladuro Eptárido	mg/L	0,000038	0,000038	0,000038	0,000038	0,000038
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
  - (b) Después de la filtración simple.
  - (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3$ ).
- Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Nota 5:**

- El símbolo \*\* dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.
- (1) Aplicar la Tabla N° 1 sobre el estándar de calidad de concentración de Amoníaco Total en función del pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de  $\text{NH}_3$ ) que se encuentra descrita en la Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales.
- (2) Aplicar la Tabla N° 2 sobre Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ ).

**Tabla N° 2: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios (mg/L de  $\text{NH}_3$ )**

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
<b>Salinidad 10 g/kg</b>								
7,0	41,00	29,00	20,00	14,00	9,40	6,60	4,40	3,10
7,2	26,00	18,00	12,00	6,70	3,90	4,10	2,60	2,00
7,4	17,00	12,00	7,80	5,30	3,70	2,60	1,60	1,20
7,6	10,00	7,20	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,84
7,8	6,60	4,70	3,10	2,20	1,30	1,10	0,75	0,53
8,0	4,10	2,90	2,00	1,40	0,97	0,69	0,47	0,34
8,2	2,70	1,90	1,30	0,87	0,62	0,44	0,31	0,23
8,4	1,70	1,20	0,81	0,56	0,41	0,29	0,21	0,16
8,6	1,10	0,75	0,53	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11
8,8	0,69	0,50	0,34	0,25	0,18	0,14	0,11	0,08
9,0	0,44	0,31	0,23	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 20 g/kg</b>								
7,0	44,00	30,00	21,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10
7,2	27,00	18,00	13,00	9,00	6,20	4,40	3,00	2,10
7,4	18,00	12,00	8,10	5,80	4,10	2,70	1,90	1,30
7,6	11,00	7,50	5,30	3,40	2,50	1,70	1,20	0,84
7,8	6,90	4,70	3,40	2,30	1,60	1,10	0,76	0,53
8,0	4,40	3,00	2,10	1,50	1,00	0,72	0,50	0,34
8,2	2,90	1,90	1,30	0,94	0,66	0,47	0,31	0,24
8,4	1,80	1,20	0,84	0,59	0,44	0,30	0,22	0,16
8,6	1,10	0,78	0,56	0,41	0,28	0,20	0,15	0,12
8,8	0,72	0,50	0,37	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08
9,0	0,47	0,34	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,07
<b>Salinidad 30 g/kg</b>								
7,0	47,00	31,00	22,00	15,00	11,00	7,20	5,00	3,40
7,2	29,00	20,00	14,00	9,70	6,60	4,70	3,10	2,20
7,4	19,00	13,00	8,70	5,90	4,10	2,90	2,00	1,40
7,6	12,00	8,10	5,60	3,70	3,10	1,90	1,30	0,90
7,8	7,50	5,00	3,40	2,40	1,70	1,20	0,81	0,56

pH	Temperatura (°C)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
8,0	4,70	3,10	2,20	1,60	1,10	0,75	0,53	0,37
8,2	3,00	2,10	1,40	1,00	0,69	0,50	0,34	0,25
8,4	1,90	1,30	0,90	0,62	0,44	0,31	0,23	0,17
8,6	1,20	0,84	0,59	0,41	0,30	0,22	0,16	0,12
8,8	0,78	0,56	0,37	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09
9,0	0,50	0,34	0,26	0,19	0,14	0,11	0,08	0,07

**Notas:**

(\*)El estándar de calidad de Amoníaco Total en función del pH, la temperatura y la salinidad para la protección de la vida acuática en agua de mar y estuarios, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 7,0 a 9,0, Temperatura de 0 a 35°C, y Salinidades de 10, 20 y 30 g/kg. Para comparar la Salinidad de las muestras de agua superficial, se deben tomar la salinidad próxima inferior (30, 20 o 10) al valor obtenido en la muestra, ya que la condición más extrema se da a menor salinidad. Asimismo, para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(\*\*)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 1.22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ).

**NOTA GENERAL:**

- Para el parámetro de Temperatura el símbolo Δ significa variación y se determinará considerando la media histórica de la información disponible en los últimos 05 años como máximo y de 01 año como mínimo, considerando la estacionalidad.
- Los valores de los parámetros están referidos a la concentración máxima, salvo que se precise otra condición.
- Los reportes de laboratorio deberán contemplar como parte de sus informes de Ensayo los Límites de Cuantificación y el Límite de Detección.

1529835-2

*Anexo N° 7. Análisis estadístico ANOVA detallado*

## REGRESIÓN LINEAL

### Temperatura

#### Temperatura vs pH

##### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.6678	0.66781	6.79	0.026
pH	1	0.6678	0.66781	6.79	0.026
Error	10	0.9831	0.09831		
Total	11	1.6509			

##### Resumen del modelo

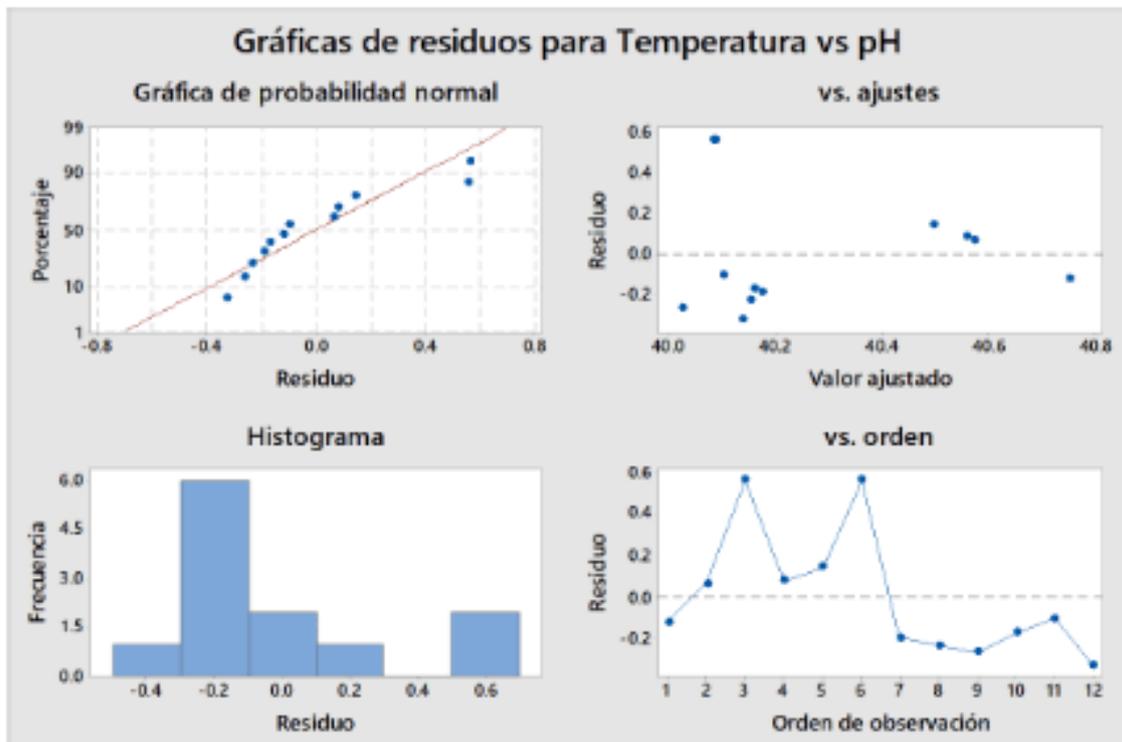
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.313542	40.45%	34.50%	18.91%

##### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	35.74	1.74	20.53	0.000	
pH	0.713	0.274	2.61	0.026	1.00

##### Ecuación de regresión

$$\text{Temperatura} = 35.74 + 0.713 \text{ pH}$$



Temperatura vs Oxígeno disuelto

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.24935	1.24935	31.11	0.000
Oxígeno disuelto	1	1.24935	1.24935	31.11	0.000
Error	10	0.40155	0.04016		
Falta de ajuste	9	0.40155	0.04462	*	*
Error puro	1	0.00000	0.00000		
Total	11	1.65090			

Resumen del modelo

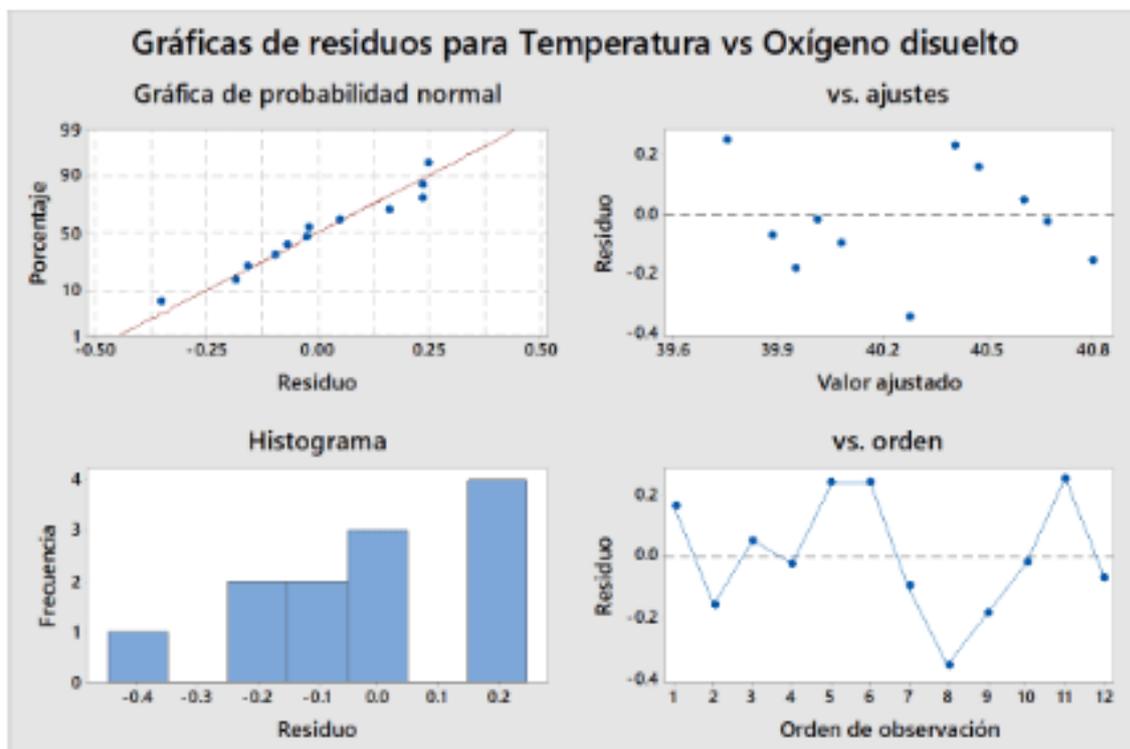
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.200387	75.68%	73.24%	65.35%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	42.237	0.357	118.47	0.000	
Oxígeno disuelto	-0.654	0.117	-5.58	0.000	1.00

Ecuación de regresión

Temperatura = 42.237 - 0.654 Oxígeno disuelto



Temperatura vs coliformes termotolerantes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.26477	1.26477	32.76	0.000
Coliformes termotolerantes	1	1.26477	1.26477	32.76	0.000
Error	10	0.38613	0.03861		
Falta de ajuste	5	0.38593	0.07719	1929.65	0.000
Error puro	5	0.00020	0.00004		
Total	11	1.65090			

Resumen del modelo

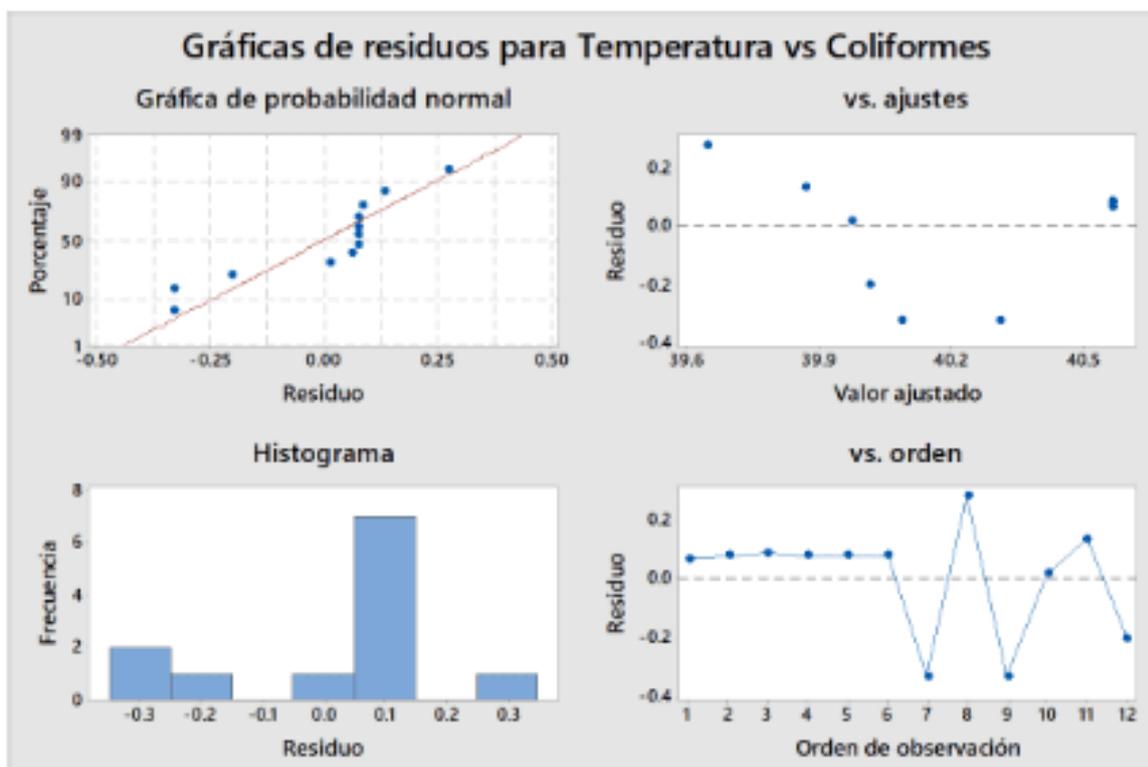
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.196502	76.61%	74.27%	63.30%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	40.5661	0.0762	532.41	0.000	
Coliformes termotolerantes	-0.005416	0.000946	-5.72	0.000	1.00

Ecuación de regresión

Temperatura = 40.5661 - 0.005416 Coliformes termotolerantes



## Temperatura vs E. Coli

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.16320	1.16320	23.85	0.001
E. Coli	1	1.16320	1.16320	23.85	0.001
Error	10	0.48770	0.04877		
Falta de ajuste	5	0.48750	0.09750	2437.48	0.000
Error puro	5	0.00020	0.00004		
Total	11	1.65090			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.220838	70.46%	67.50%	52.61%

### Coefficientes

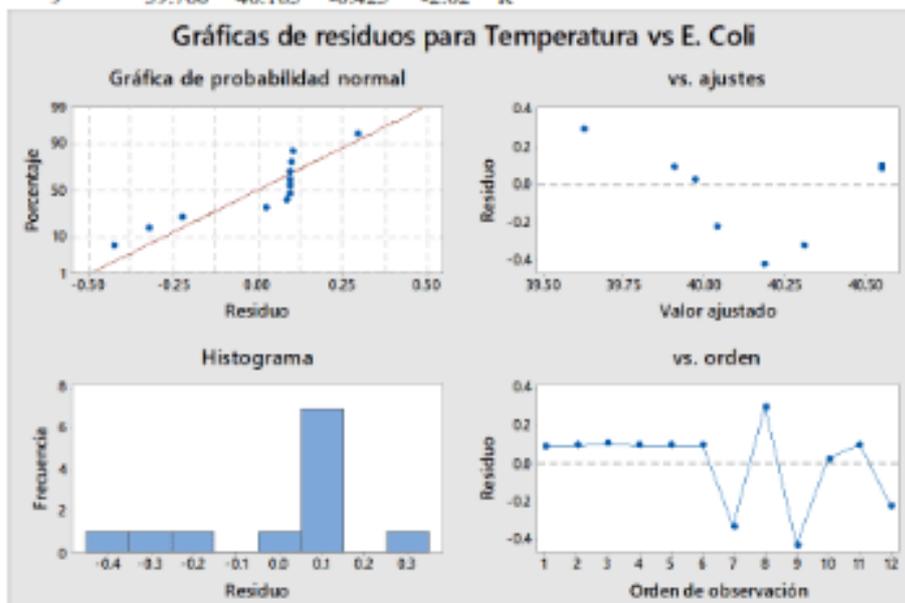
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	40.5464	0.0846	479.46	0.000	
E. Coli	-0.00708	0.00145	-4.88	0.001	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{Temperatura} = 40.5464 - 0.00708 \text{ E. Coli}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Temperatura	Ajuste	Resid	Resid est.
9	39.760	40.185	-0.425	-2.02



Potencial de hidrógeno (pH)

pH vs Temperatura

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.5308	0.53079	6.79	0.026
Temperatura	1	0.5308	0.53079	6.79	0.026
Error	10	0.7814	0.07814		
Falta de ajuste	7	0.4609	0.06584	0.62	0.731
Error puro	3	0.3205	0.10683		
Total	11	1.3122			

Resumen del modelo

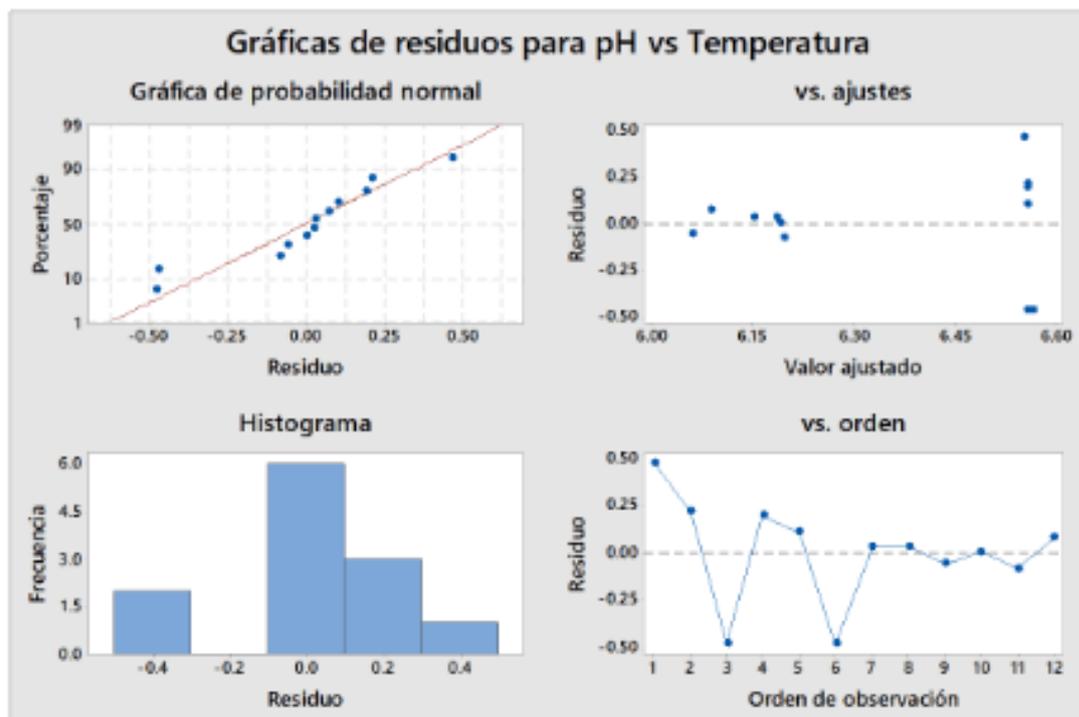
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.279531	40.45%	34.50%	14.68%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-16.49	8.76	-1.88	0.089	
Temperatura	0.567	0.218	2.61	0.026	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{pH} = -16.49 + 0.567 \text{ Temperatura}$$



## pH vs oxígeno disuelto

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.5283	0.52828	6.74	0.027
Oxígeno disuelto	1	0.5283	0.52828	6.74	0.027
Error	10	0.7839	0.07839		
Falta de ajuste	9	0.6157	0.06841	0.41	0.849
Error puro	1	0.1682	0.16820		
Total	11	1.3122			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.279981	40.26%	34.29%	19.94%

### Coefficientes

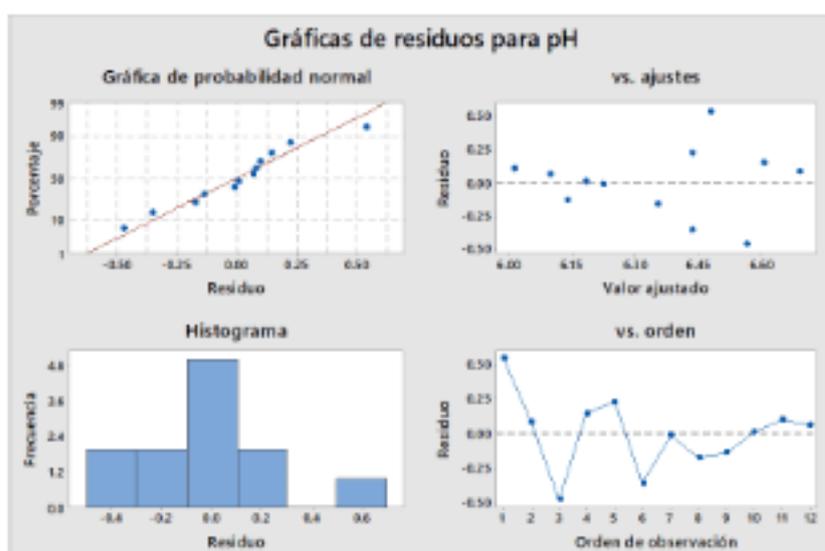
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	7.628	0.498	15.31	0.000	
Oxígeno disuelto	-0.425	0.164	-2.60	0.027	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{pH} = 7.628 - 0.425 \text{ Oxígeno disuelto}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	pH	Ajuste	Resid	Resid est.
1	7.020	6.479	0.541	2.05 R



pH vs Coliformes termotolerantes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.4236	0.42360	4.77	0.054
Coliformes termotolerantes	1	0.4236	0.42360	4.77	0.054
Error	10	0.8886	0.08886		
Falta de ajuste	5	0.1355	0.02710	0.18	0.958
Error puro	5	0.7531	0.15062		
Total	11	1.3122			

Resumen del modelo

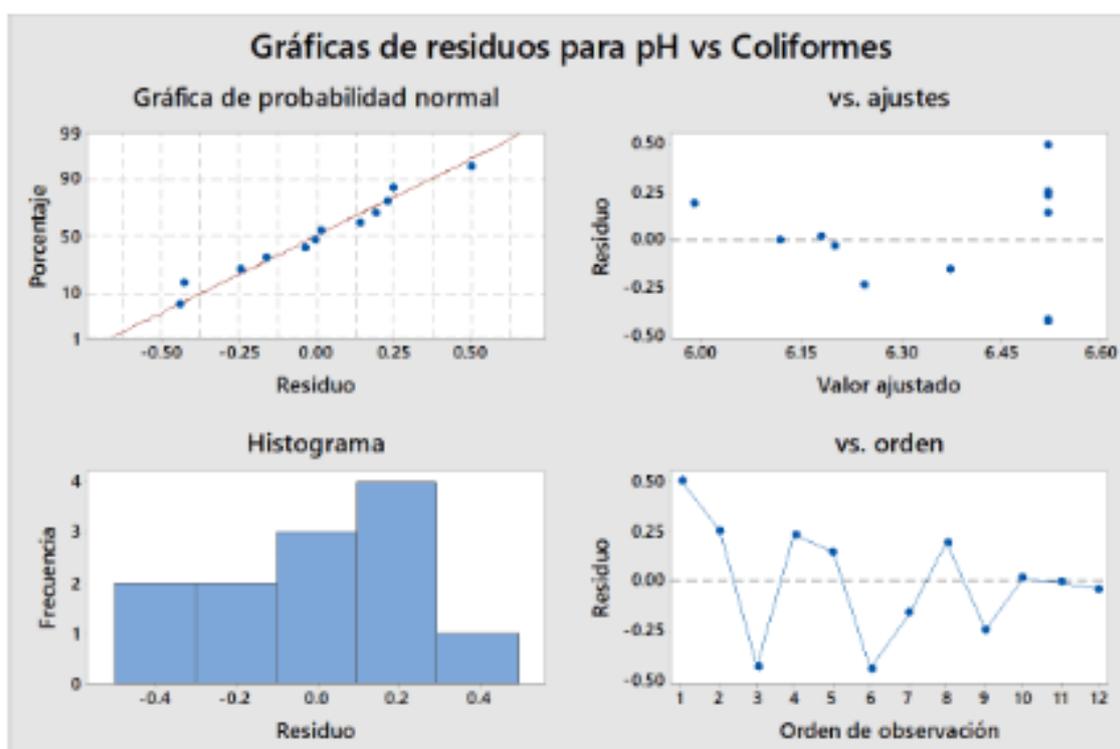
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.298088	32.28%	25.51%	3.28%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	6.520	0.116	56.41	0.000	
Coliformes termotolerantes	-0.00313	0.00144	-2.18	0.054	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{pH} = 6.520 - 0.00313 \text{ Coliformes termotolerantes}$$



pH vs Escherichia Coli

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	0.3816	0.38160	4.10	0.070
E. Coli	1	0.3816	0.38160	4.10	0.070
Error	10	0.9306	0.09306		
Falta de ajuste	5	0.1775	0.03550	0.24	0.931
Error puro	5	0.7531	0.15062		
Total	11	1.3122			

Resumen del modelo

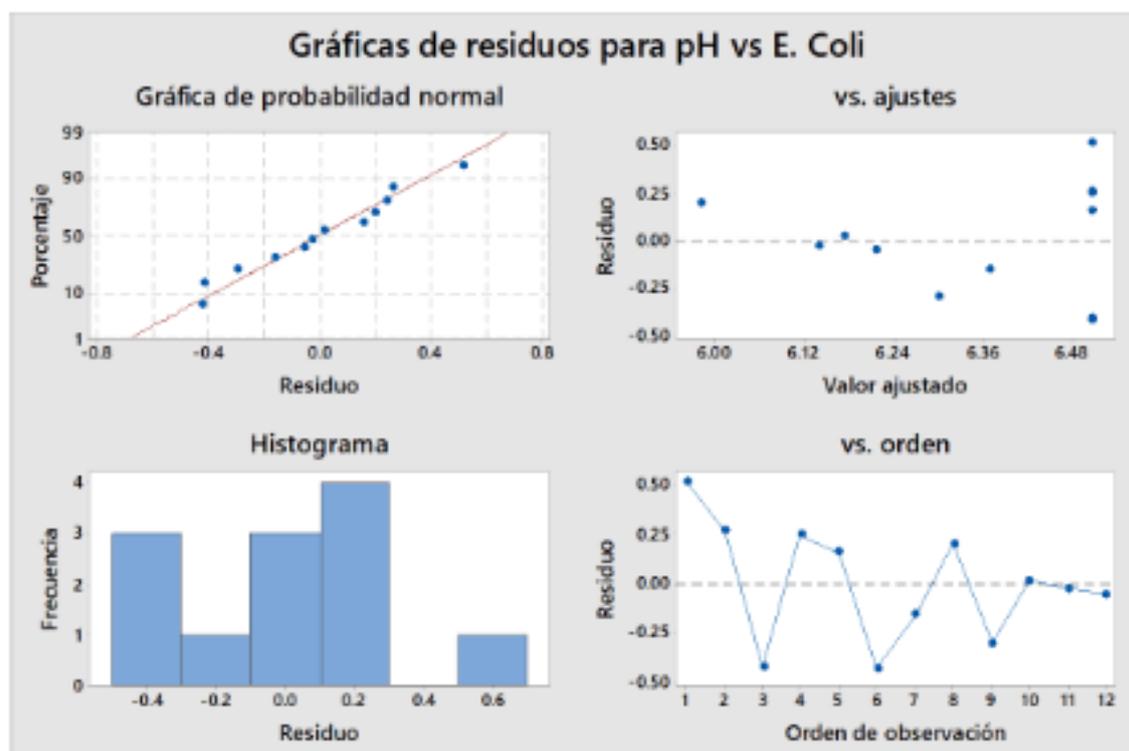
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.305052	29.08%	21.99%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	6.507	0.117	55.70	0.000	
E. Coli	-0.00405	0.00200	-2.03	0.070	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{pH} = 6.507 - 0.00405 \text{ E. Coli}$$



## Oxígeno disuelto

Oxígeno disuelto vs Temperatura

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	2.2098	2.20976	31.11	0.000
Temperatura	1	2.2098	2.20976	31.11	0.000
Error	10	0.7102	0.07102		
Falta de ajuste	7	0.4402	0.06289	0.70	0.688
Error puro	3	0.2700	0.09000		
Total	11	2.9200			

### Resumen del modelo

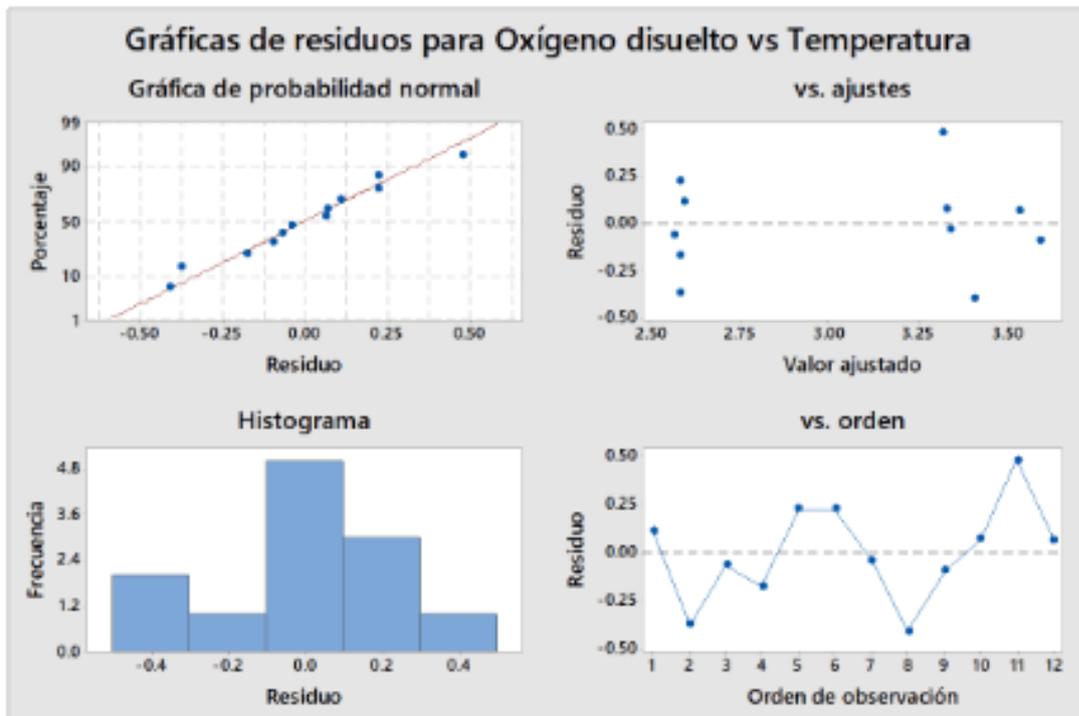
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.266502	75.68%	73.24%	66.08%

### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	49.60	8.35	5.94	0.000	
Temperatura	-1.157	0.207	-5.58	0.000	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{Oxígeno disuelto} = 49.60 - 1.157 \text{ Temperatura}$$



## Oxígeno disuelto vs pH

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.176	1.1756	6.74	0.027
pH	1	1.176	1.1756	6.74	0.027
Error	10	1.744	0.1744		
Total	11	2.920			

### Resumen del modelo

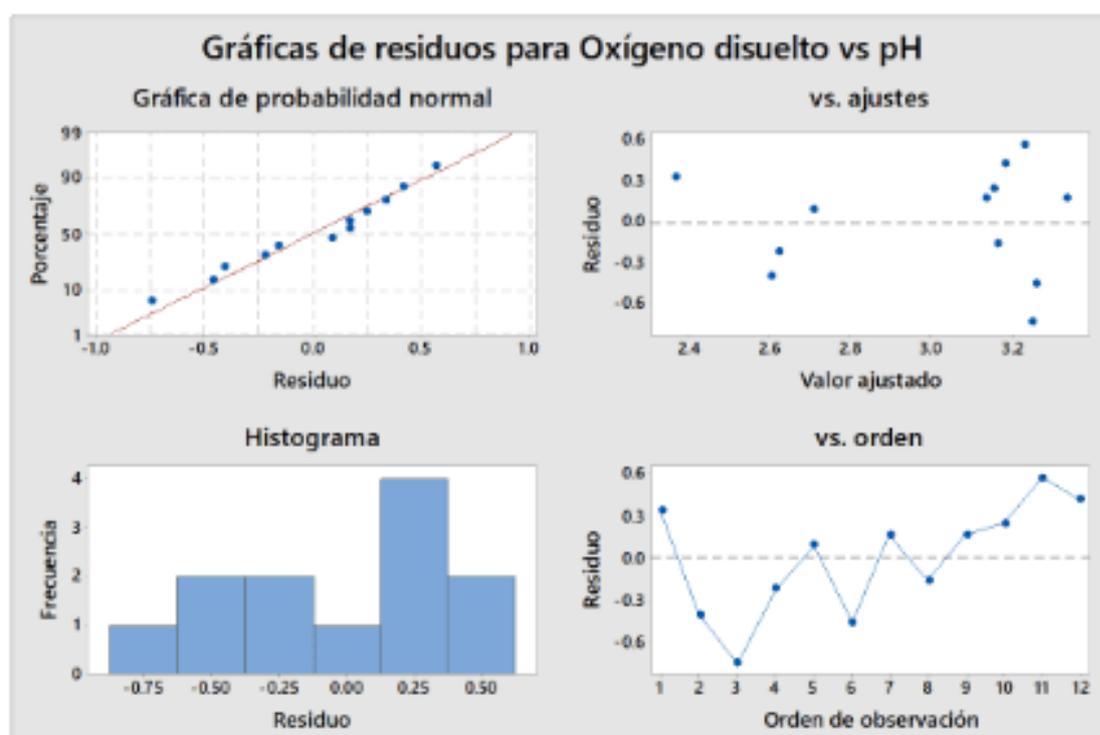
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.417662	40.26%	34.29%	12.51%

### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	9.01	2.32	3.89	0.003	
pH	-0.947	0.365	-2.60	0.027	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{Oxígeno disuelto} = 9.01 - 0.947 \text{ pH}$$



Oxígeno disuelto vs coliformes termotolerantes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.6425	1.64251	12.86	0.005
Coliformes termotolerantes	1	1.6425	1.64251	12.86	0.005
Error	10	1.2775	0.12775		
Falta de ajuste	5	0.9842	0.19683	3.36	0.105
Error puro	5	0.2933	0.05867		
Total	11	2.9200			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.357419	56.25%	51.88%	15.69%

Coefficientes

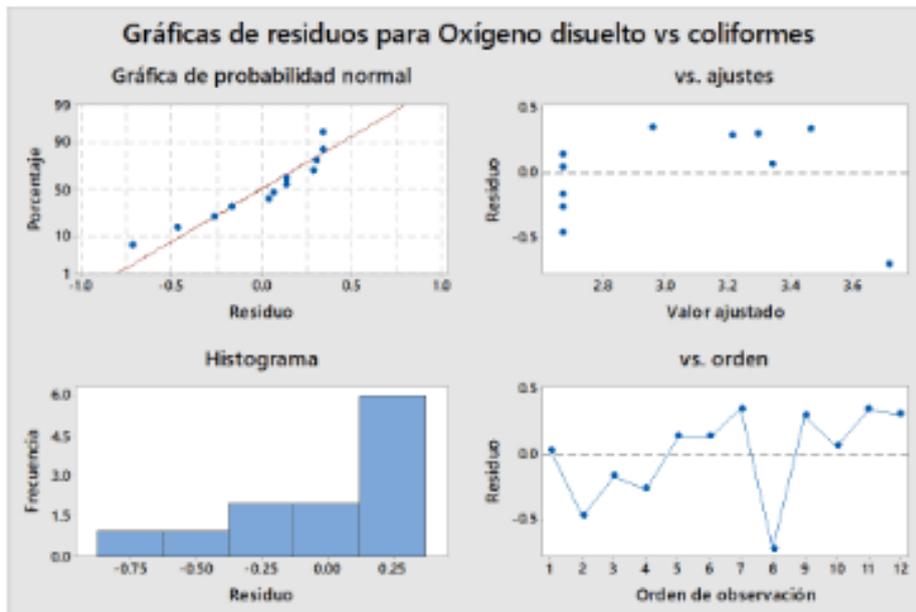
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2.668	0.139	19.25	0.000	
Coliformes termotolerantes	0.00617	0.00172	3.59	0.005	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{Oxígeno disuelto} = 2.668 + 0.00617 \text{ Coliformes termotolerantes}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Oxígeno disuelto	Ajuste	Resid	Resid est.
8	3.000	3.718	-0.718	-2.58 R



Oxígeno disuelto vs E. Coli

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	1.4665	1.46645	10.09	0.010
E. Coli	1	1.4665	1.46645	10.09	0.010
Error	10	1.4535	0.14535		
Falta de ajuste	5	1.1602	0.23204	3.96	0.079
Error puro	5	0.2933	0.05867		
Total	11	2.9200			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.381254	50.22%	45.24%	0.00%

Coefficientes

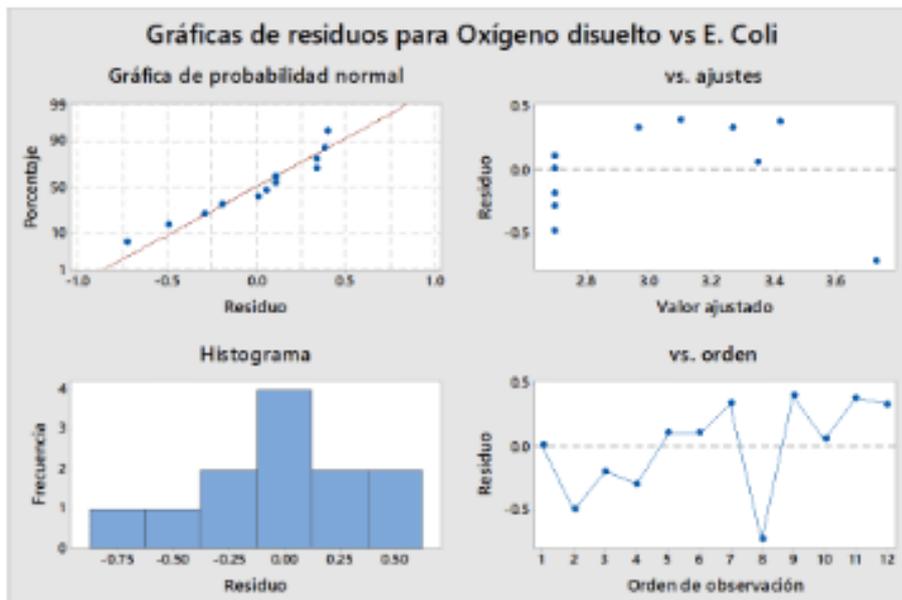
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2.695	0.146	18.46	0.000	
E. Coli	0.00795	0.00250	3.18	0.010	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{Oxígeno disuelto} = 2.695 + 0.00795 \text{ E. Coli}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Oxígeno disuelto	Ajuste	Resid	Resid est.
8	3.000	3.729	-0.729	-2.57



## Coliformes termotolerantes

Coliformes termotolerantes vs Temperatura

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	33027.2	33027.2	32.76	0.000
Temperatura	1	33027.2	33027.2	32.76	0.000
Error	10	10083.1	1008.3		
Falta de ajuste	7	10083.1	1440.4	*	*
Error puro	3	0.0	0.0		
Total	11	43110.3			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
31.7538	76.61%	74.27%	66.34%

Coefficientes

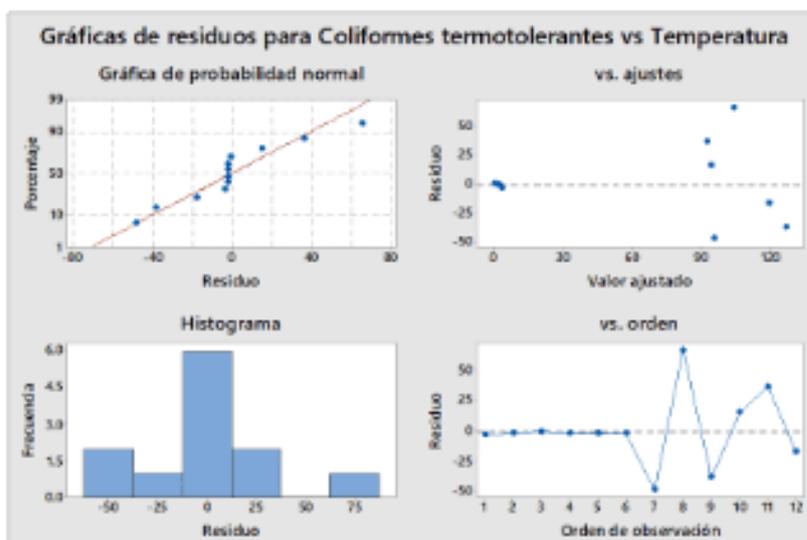
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	5750	995	5.78	0.000	
Temperatura	-141.4	24.7	-5.72	0.000	1.00

Ecuación de regresión

Coliformes termotolerantes = 5750 - 141.4 Temperatura

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Coliformes termotolerantes	Ajuste	Resid	Resid est.
8	170.0	104.0	66.0	2.27 R



## Coliformes termotolerantes vs pH

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	13917	13917	4.77	0.054
pH	1	13917	13917	4.77	0.054
Error	10	29193	2919		
Total	11	43110			

### Resumen del modelo

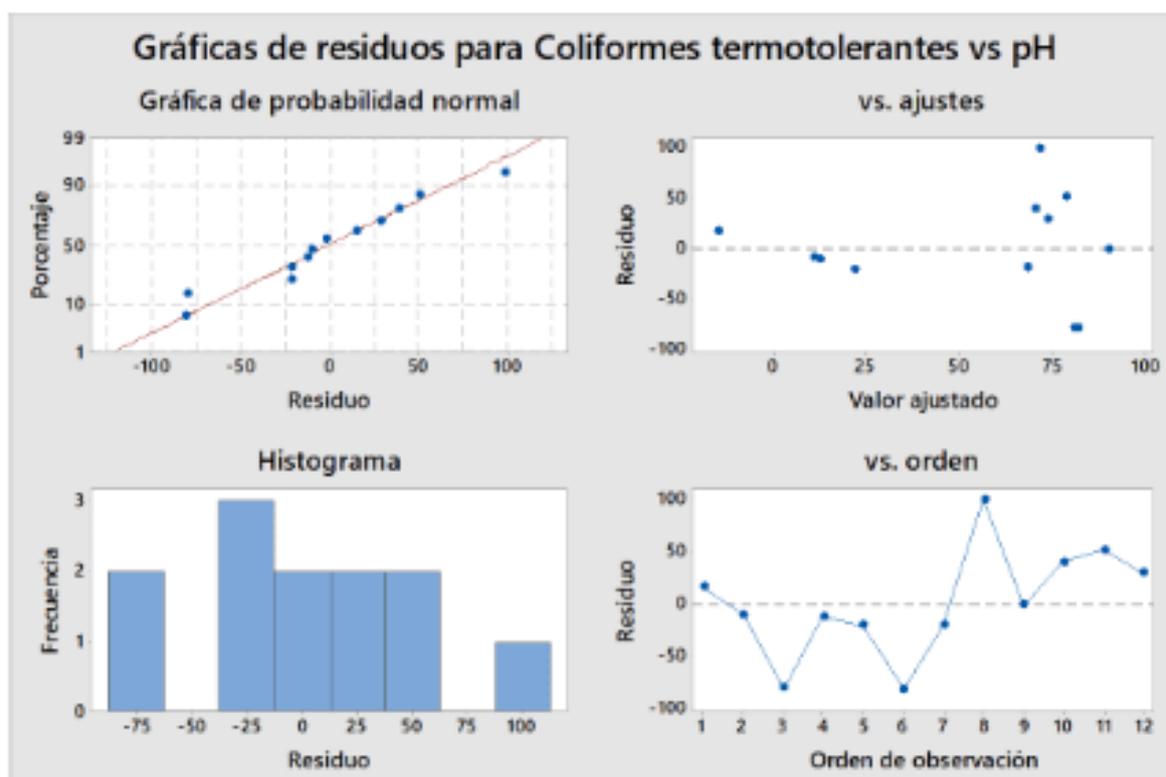
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
54.0307	32.28%	25.51%	10.75%

### Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	708	300	2.36	0.040	
pH	-103.0	47.2	-2.18	0.054	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{Coliformes termotolerantes} = 708 - 103.0 \text{ pH}$$



## Coliformes termotolerantes vs oxígeno disuelto

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	24249.7	24249.7	12.86	0.005
Oxígeno disuelto	1	24249.7	24249.7	12.86	0.005
Error	10	18860.5	1886.1		
Falta de ajuste	9	18860.5	2095.6	*	*
Error puro	1	0.0	0.0		
Total	11	43110.3			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
43.4287	56.25%	51.88%	46.33%

### Coefficientes

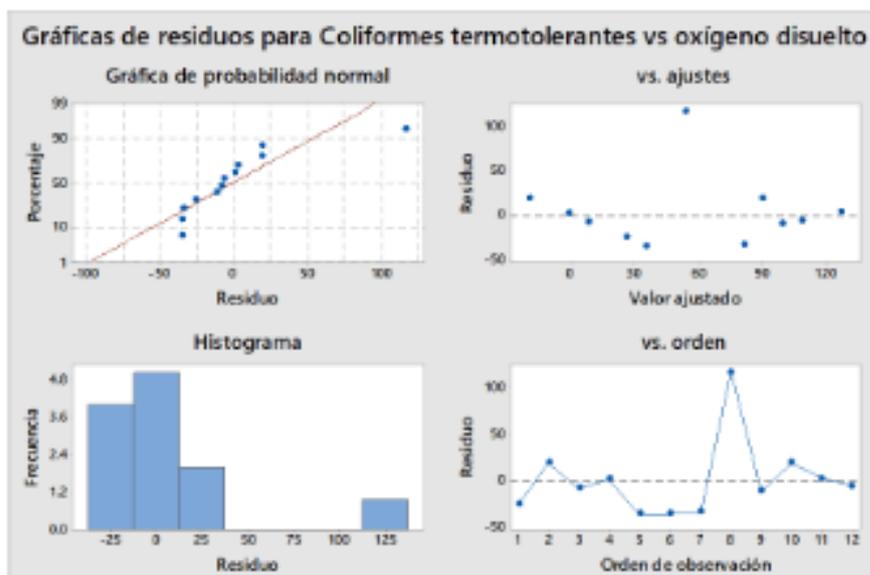
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-219.6	77.3	-2.84	0.017	
Oxígeno disuelto	91.1	25.4	3.59	0.005	1.00

### Ecuación de regresión

$$\text{Coliformes termotolerantes} = -219.6 + 91.1 \text{ Oxígeno disuelto}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Coliformes termotolerantes	Ajuste	Resid	Resid est.
8	170.0	53.7	116.3	2.80 R



Coliformes termotolerantes vs E. Coli

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	42697.2	42697.2	1033.75	0.000
E. Coli	1	42697.2	42697.2	1033.75	0.000
Error	10	413.0	41.3		
Falta de ajuste	5	413.0	82.6	*	*
Error puro	5	0.0	0.0		
Total	11	43110.2			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
6.42674	99.04%	98.95%	98.50%

Coefficientes

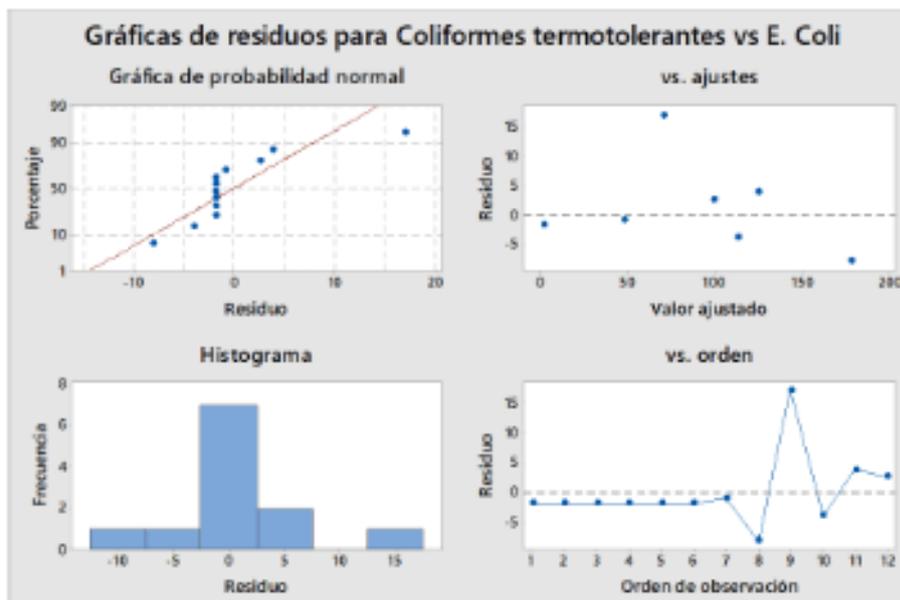
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	1.76	2.46	0.72	0.491	
E. Coli	1.3562	0.0422	32.15	0.000	1.00

Ecuación de regresión

$$\text{Coliformes termotolerantes} = 1.76 + 1.3562 \text{ E. Coli}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Coliformes termotolerantes	Ajuste	Resid	Resid est.
9	88.00	70.93	17.07	2.78 R



## E. Coli

### E. Coli vs Temperatura

#### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	16355.4	16355.4	23.85	0.001
Temperatura	1	16355.4	16355.4	23.85	0.001
Error	10	6857.3	685.7		
Falta de ajuste	7	6857.3	979.6	*	*
Error puro	3	0.0	0.0		
Total	11	23212.7			

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
26.1865	70.46%	67.50%	56.62%

#### Coefficientes

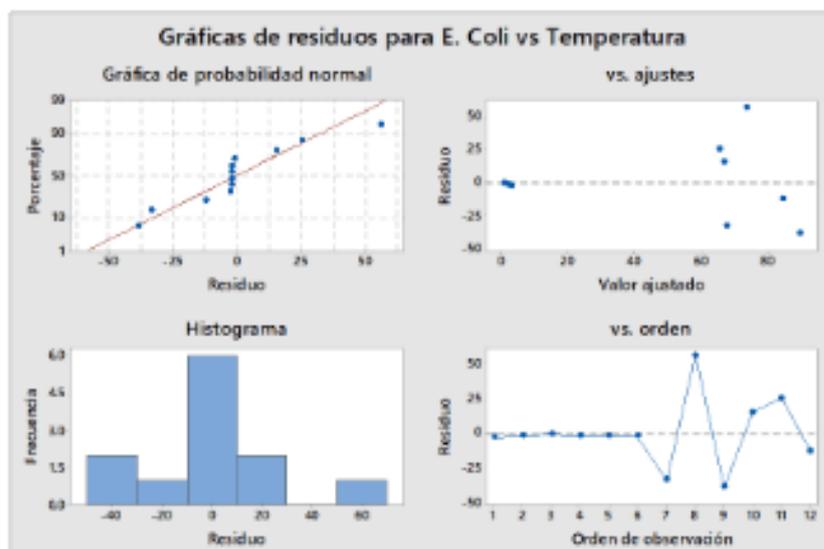
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	4047	821	4.93	0.001	
Temperatura	-99.5	20.4	-4.88	0.001	1.00

#### Ecuación de regresión

$$E. Coli = 4047 - 99.5 \text{ Temperatura}$$

#### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	E. Coli	Ajuste	Resid	Resid est.
8	130.0	73.7	56.3	2.35 R



E. Coli vs pH

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	6751	6751	4.10	0.070
pH	1	6751	6751	4.10	0.070
Error	10	16462	1646		
Total	11	23213			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
40.5734	29.08%	21.99%	7.04%

Coefficientes

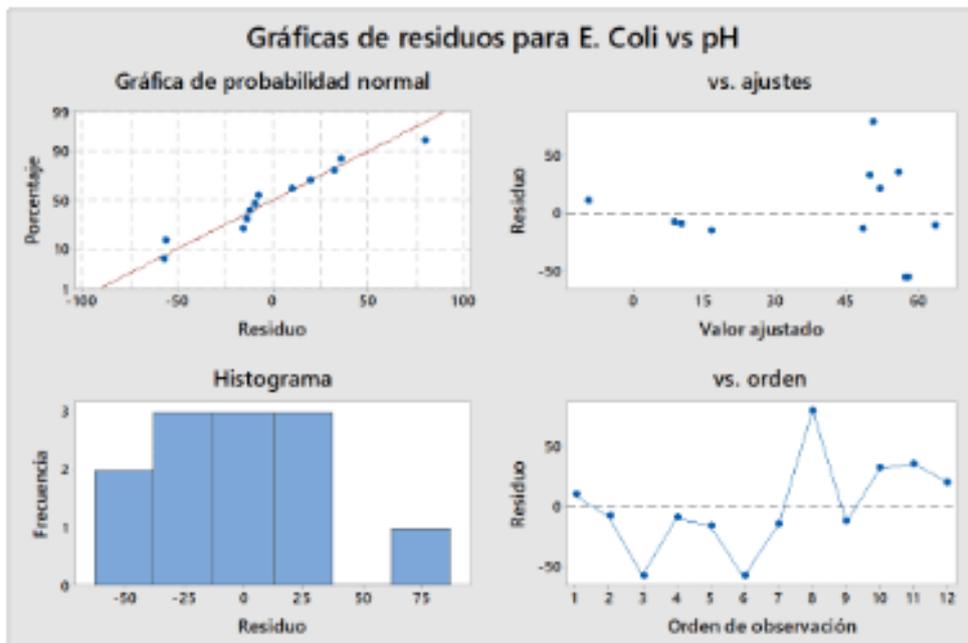
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	494	225	2.19	0.053	
pH	-71.7	35.4	-2.03	0.070	1.00

Ecuación de regresión

$$E. Coli = 494 - 71.7 \text{ pH}$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	E. Coli	Ajuste	Resid	Resid est.
8	130.0	50.6	79.4	2.07 R



## E. Coli vs oxígeno disuelto

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	11657.6	11657.6	10.09	0.010
Oxígeno disuelto	1	11657.6	11657.6	10.09	0.010
Error	10	11555.0	1155.5		
Falta de ajuste	9	11555.0	1283.9	*	*
Error puro	1	0.0	0.0		
Total	11	23212.7			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
33.9927	50.22%	45.24%	38.94%

### Coefficientes

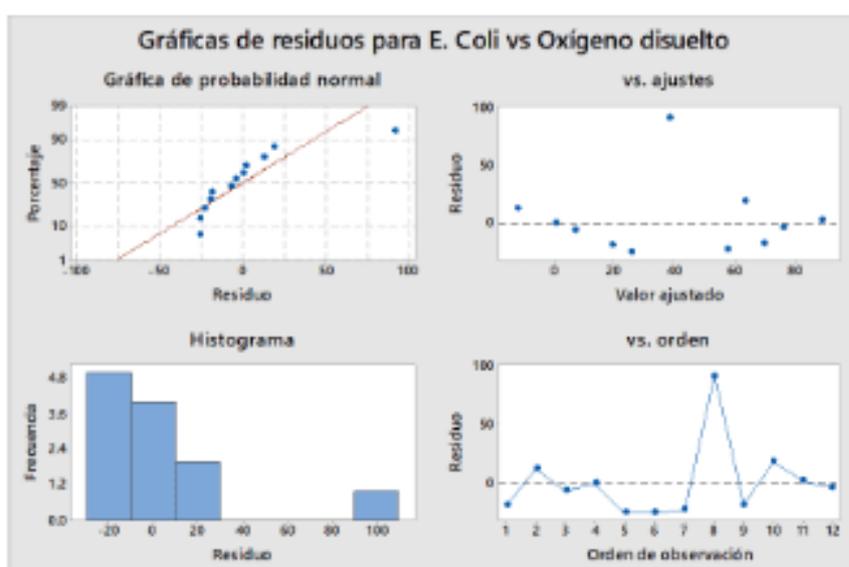
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-151.2	60.5	-2.50	0.031	
Oxígeno disuelto	63.2	19.9	3.18	0.010	1.00

### Ecuación de regresión

$$E. Coli = -151.2 + 63.2 \text{ Oxígeno disuelto}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	E. Coli	Ajuste	Resid	Resid est.
8	130.0	38.3	91.7	2.82 R



E. Coli vs Coliformes termotolerantes

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Regresión	1	22990.3	22990.3	1033.75	0.000
Coliformes termotolerantes	1	22990.3	22990.3	1033.75	0.000
Error	10	222.4	22.2		
Falta de ajuste	5	222.4	44.5	*	*
Error puro	5	0.0	0.0		
Total	11	23212.7			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.71589	99.04%	98.95%	98.48%

Coefficientes

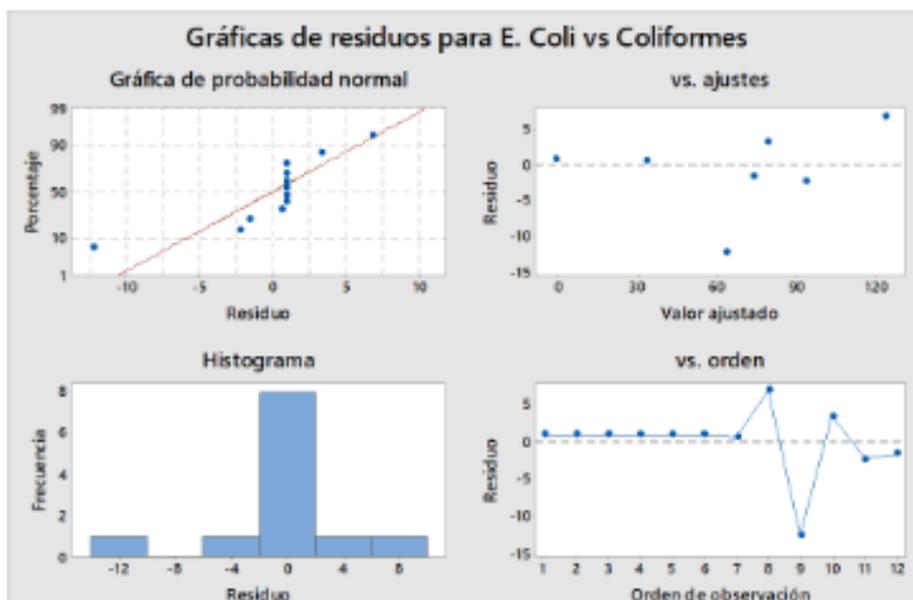
Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	-0.92	1.83	-0.50	0.626	
Coliformes termotolerantes	0.7303	0.0227	32.15	0.000	1.00

Ecuación de regresión

$$E. Coli = -0.92 + 0.7303 \text{ Coliformes termotolerantes}$$

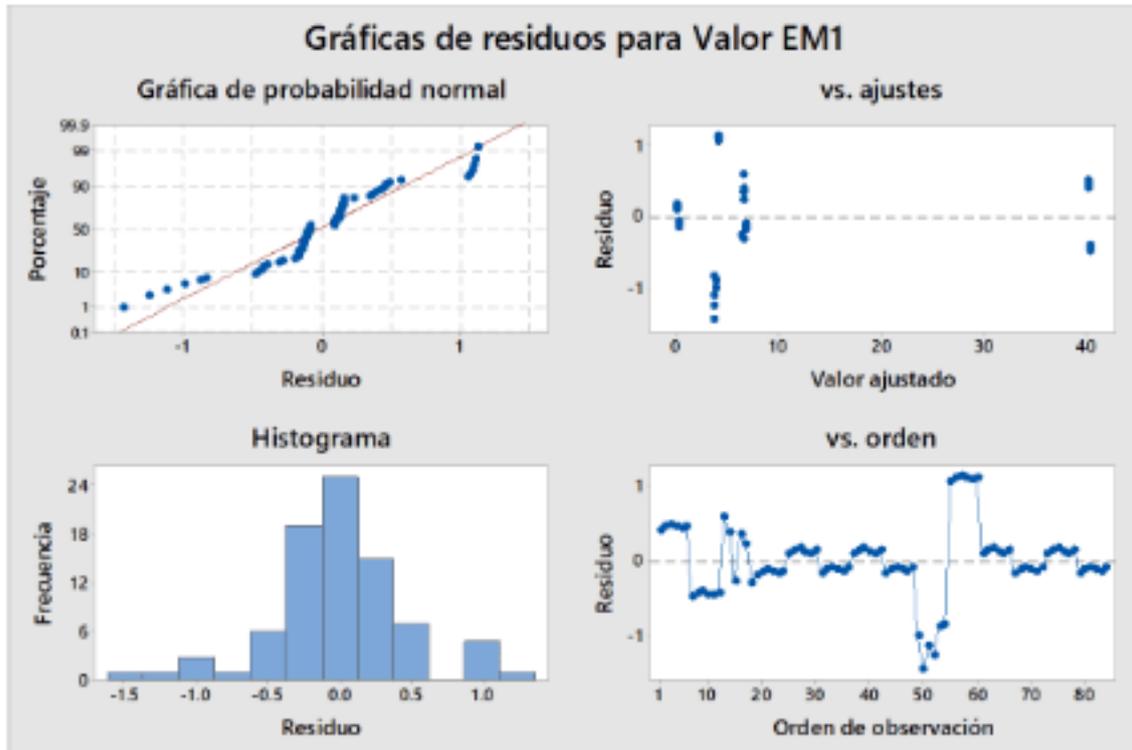
Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	E. Coli	Ajuste	Resid	Resid est.
9	51.00	63.34	-12.34	-2.78



## ANÁLISI ANOVA

Análisis estadístico EMI respecto a los ECA para categoría I subcategoría B1



### Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Estación	Fijo	2	1; 3
Nº de muestreo	Fijo	6	1; 2; 3; 4; 5; 6
Ensayo	Fijo	7	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estación	1	1.3	1.29	4.88	0.030
Nº de muestreo	5	0.1	0.01	0.04	0.999
Ensayo	6	15796.9	2632.82	9992.61	0.000
Error	71	18.7	0.26		
Total	83	15816.9			

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.513299	99.88%	99.86%	99.83%

**Coefficientes**

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	7.2335	0.0560	129.16	0.000	
<b>Estación</b>					
1	-0.1237	0.0560	-2.21	0.030	1.00
<b>Nº de muestreo</b>					
1	0.042	0.125	0.33	0.741	1.67
2	-0.011	0.125	-0.09	0.928	1.67
3	-0.038	0.125	-0.30	0.764	1.67
4	0.002	0.125	0.01	0.990	1.67
5	0.024	0.125	0.19	0.850	1.67
<b>Ensayo</b>					
1	33.087	0.137	241.18	0.000	1.71
2	-0.703	0.137	-5.12	0.000	1.71
3	-7.233	0.137	-52.73	0.000	1.71
4	-7.233	0.137	-52.73	0.000	1.71
5	-3.450	0.137	-25.15	0.000	1.71
6	-7.233	0.137	-52.73	0.000	1.71

**Ecuación de regresión**

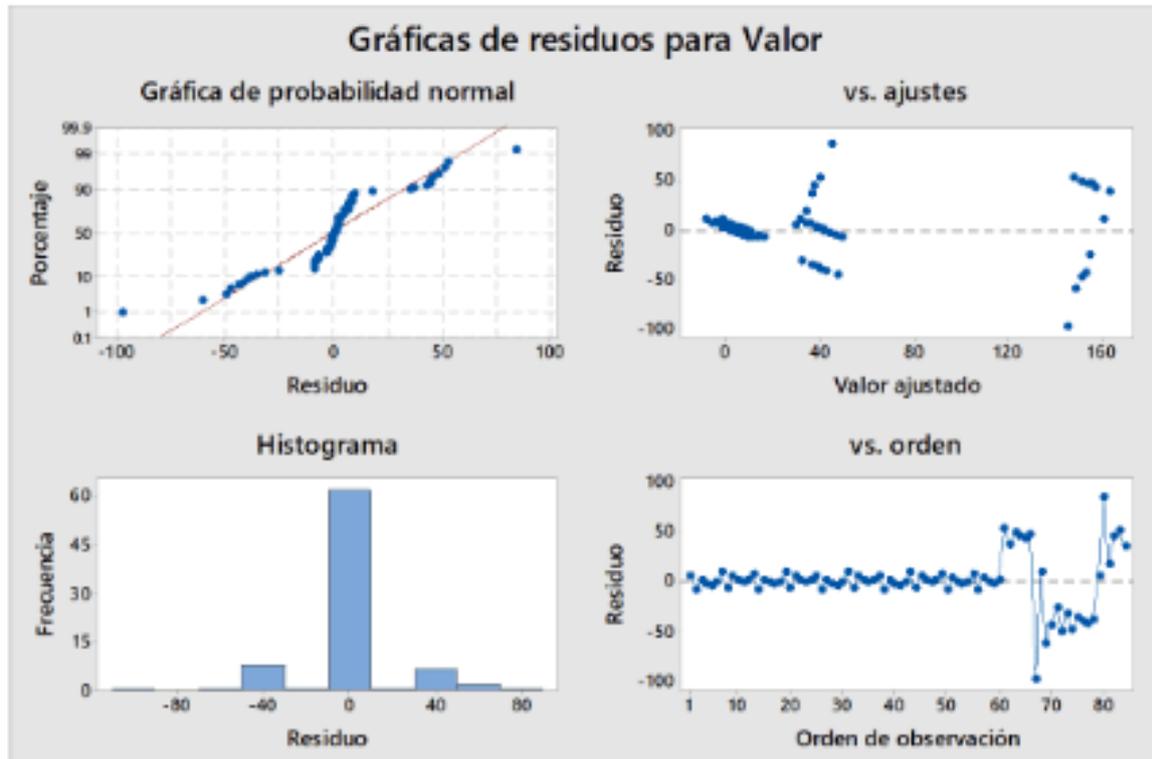
$$\text{Valor} = 7.2335 - 0.1237 \text{ Estación}_1 + 0.1237 \text{ Estación}_3 + 0.042 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_1 - 0.011 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_2 - 0.038 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_3 + 0.002 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_4 + 0.024 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_5 - 0.018 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_6 + 33.087 \text{ Ensayo}_1 - 0.703 \text{ Ensayo}_2 - 7.233 \text{ Ensayo}_3 - 7.233 \text{ Ensayo}_4 - 3.450 \text{ Ensayo}_5 - 7.233 \text{ Ensayo}_6 - 7.233 \text{ Ensayo}_7$$

**Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes**

Obs	Valor	Ajuste	Resid	Resid est.	
49	2.700	3.701	-1.001	-2.12	R
50	2.200	3.648	-1.448	-3.07	R
51	2.500	3.622	-1.122	-2.38	R
52	2.400	3.661	-1.261	-2.67	R
55	5.000	3.949	1.051	2.23	R
56	5.000	3.896	1.104	2.34	R
57	5.000	3.869	1.131	2.40	R
58	5.000	3.909	1.091	2.31	R
59	5.000	3.931	1.069	2.27	R
60	5.000	3.889	1.111	2.35	R

*Residuo grande R*

Análisis estadístico EM2 respecto a los ECA para categoría I subcategoría B1



Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Estación	Fijo	2	2; 3
Nº de muestreo	Fijo	6	1; 2; 3; 4; 5; 6
Ensayo	Fijo	7	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Estación	1	137	136.5	0.18	0.677
Nº de muestreo	5	1964	392.8	0.50	0.772
Ensayo	6	220278	36713.0	47.20	0.000
Error	71	55231	777.9		
Total	83	277609			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
27.8908	80.10%	76.74%	72.15%

Coeficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	34.65	3.04	11.39	0.000	
Estación					
2	-1.27	3.04	-0.42	0.677	1.00
Nº de muestreo					
1	-7.37	6.80	-1.08	0.283	1.67
2	8.25	6.80	1.21	0.230	1.67
3	-3.24	6.80	-0.48	0.635	1.67
4	0.49	6.80	0.07	0.942	1.67
5	2.59	6.80	0.38	0.705	1.67
Ensayo					
1	5.30	7.45	0.71	0.479	1.71
2	-28.33	7.45	-3.80	0.000	1.71
3	-34.65	7.45	-4.65	0.000	1.71
4	-34.65	7.45	-4.65	0.000	1.71
5	-30.44	7.45	-4.08	0.000	1.71
6	119.10	7.45	15.98	0.000	1.71

Ecuación de regresión

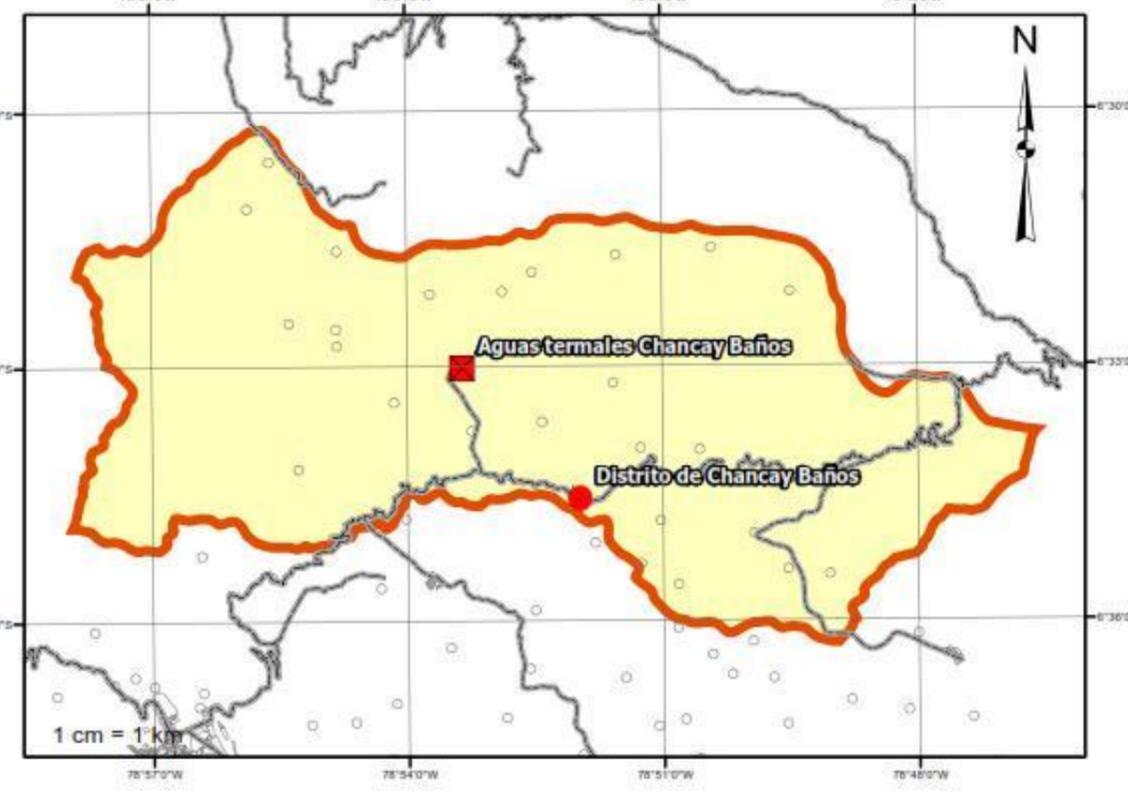
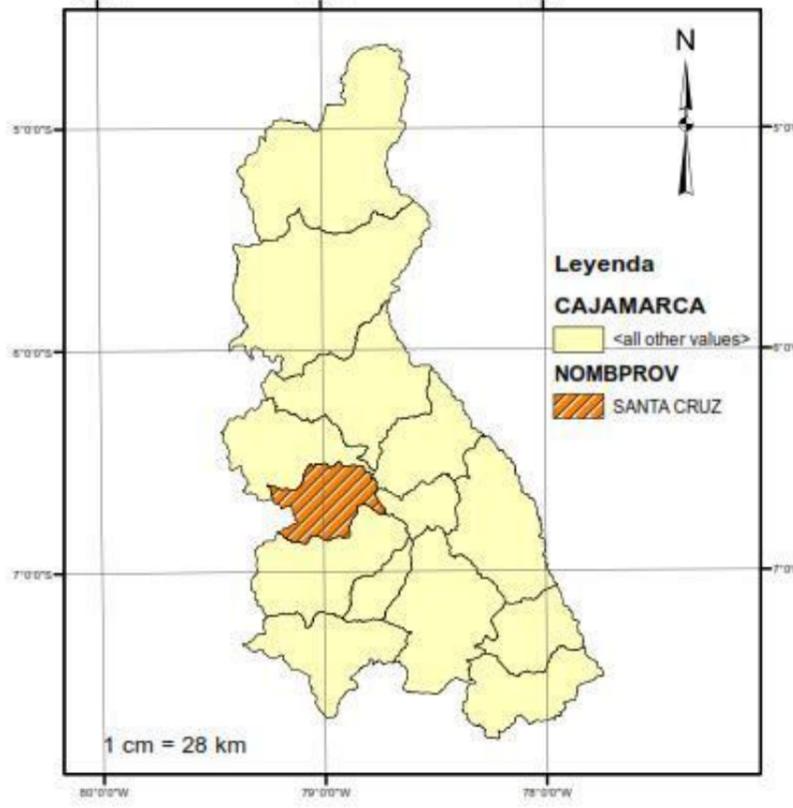
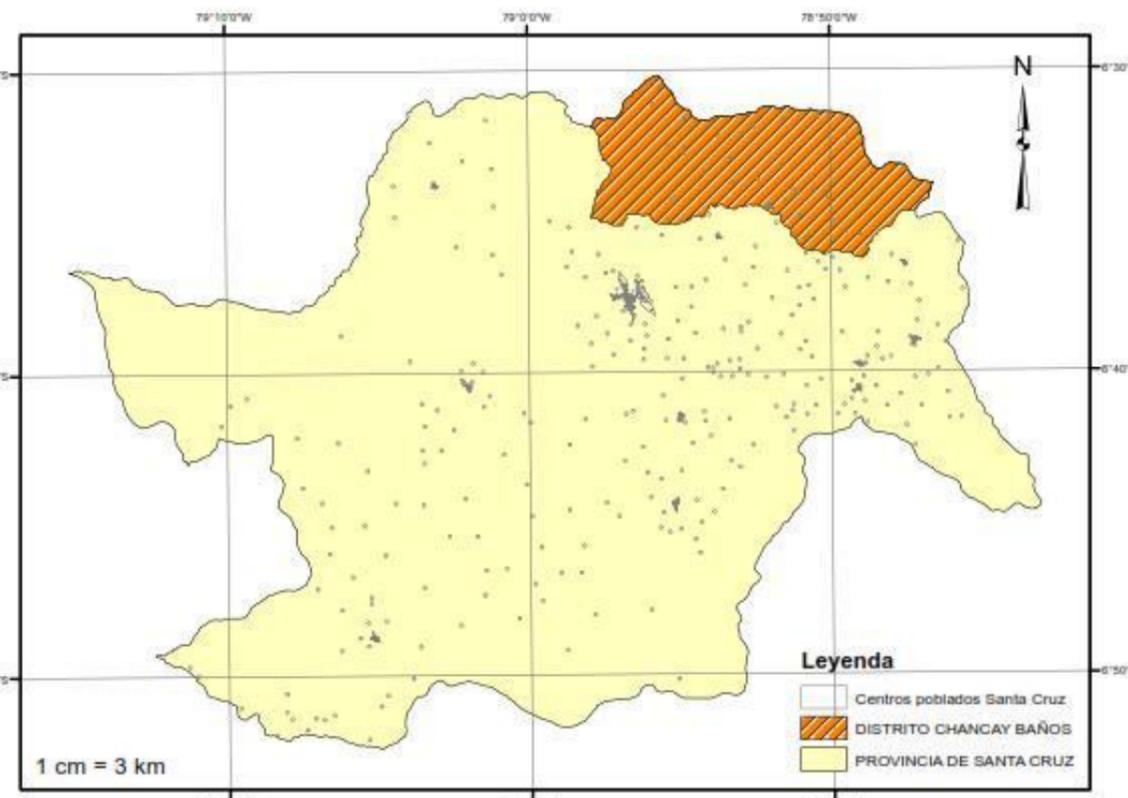
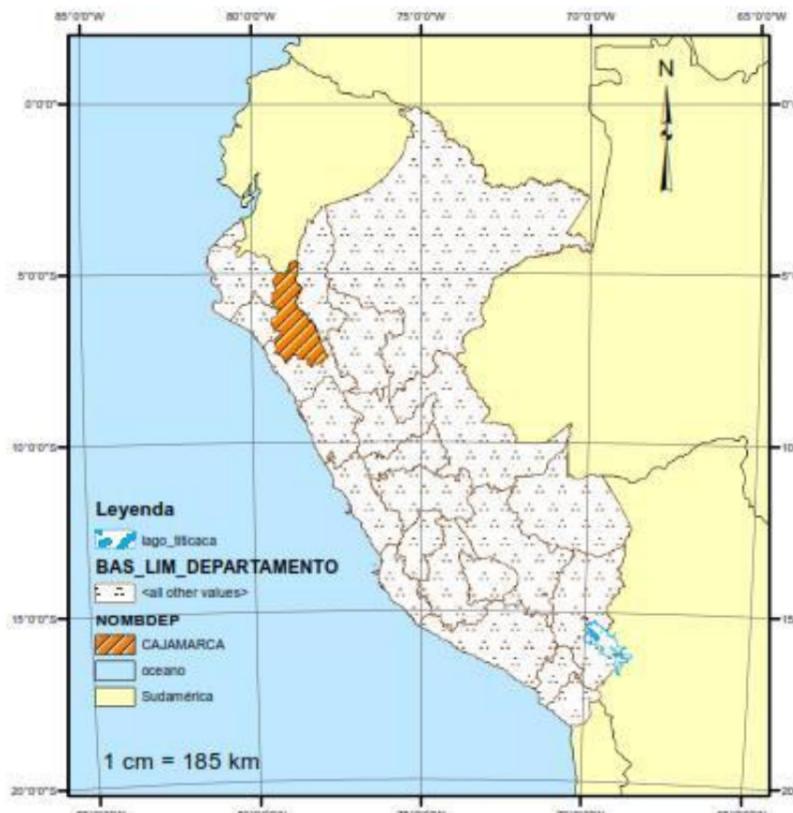
$$\text{Valor} = 34.65 - 1.27 \text{ Estación}_2 + 1.27 \text{ Estación}_3 - 7.37 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_1 + 8.25 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_2 - 3.24 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_3 + 0.49 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_4 + 2.59 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_5 - 0.72 \text{ N}^\circ \text{ de muestreo}_6 + 5.30 \text{ Ensayo}_1 - 28.33 \text{ Ensayo}_2 - 34.65 \text{ Ensayo}_3 - 34.65 \text{ Ensayo}_4 - 30.44 \text{ Ensayo}_5 + 119.10 \text{ Ensayo}_6 + 3.68 \text{ Ensayo}_7$$

Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	Valor	Ajuste	Resid	Resid est.	
61	200.0	147.7	52.3	2.04	R
67	47.0	145.1	-98.1	-3.83	R
69	88.0	149.2	-61.2	-2.39	R
80	130.0	45.3	84.7	3.30	R
83	91.0	39.6	51.4	2.00	R

Residuo grande R

*Anexo N° 8. Planos*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y AMBIENTAL

Evaluación de parámetros  
físico-químicos  
y bacteriológicos  
para determinar  
la calidad de las  
aguas termales  
según sub categoría B1  
"Chancay Baños"  
- Santa Cruz, 2020

**PLANO DE UBICACIÓN  
DE LA FUENTE DE  
AGUAS TERMALES  
CHANCAY BAÑOS**

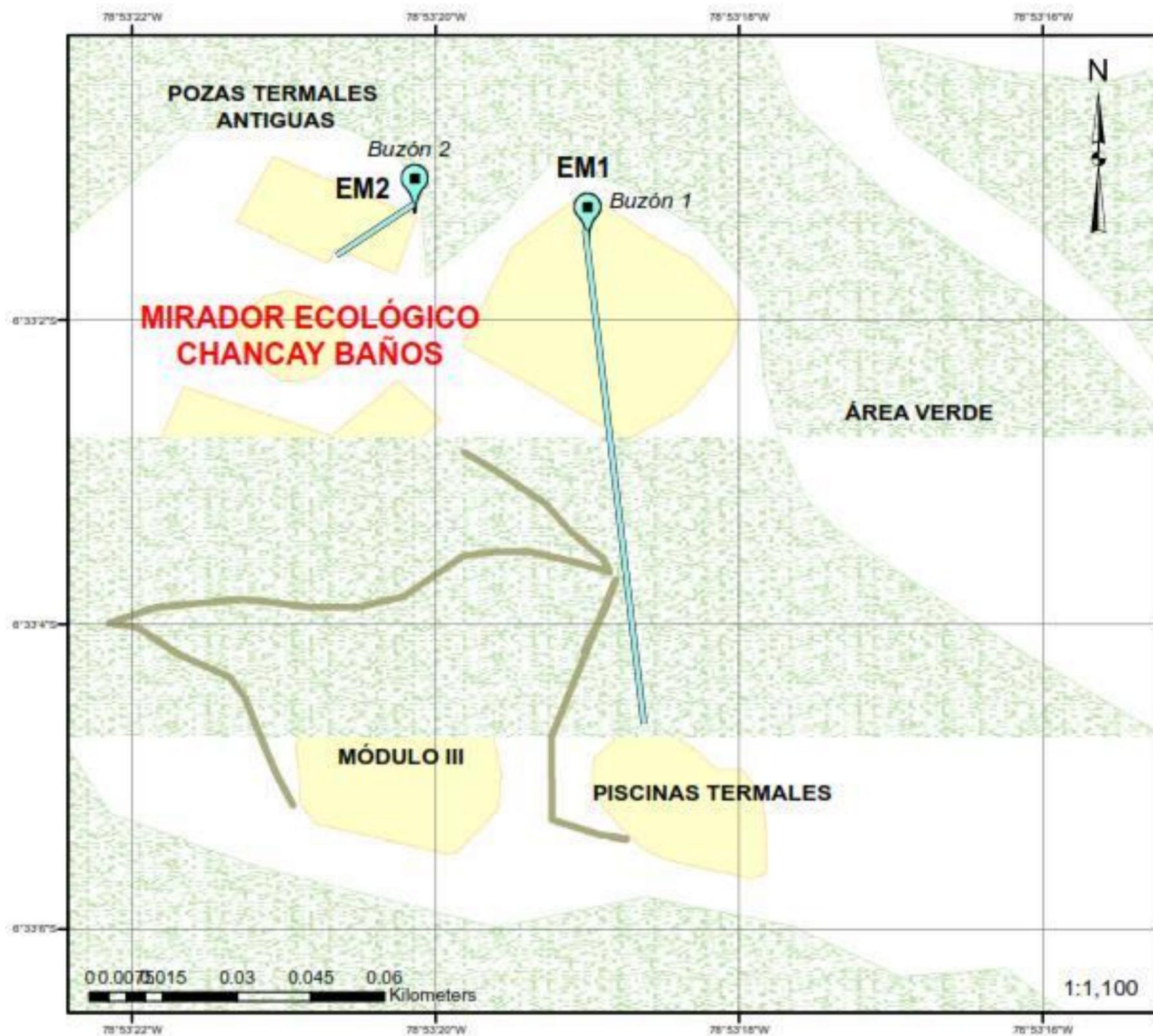
Diseñado por:  
Roxana Edquen Gavidia

FECHA: AGOSTO 2020

**CÓDIGO  
G-01**

**Leyenda**  
Chancay Baños  
SymbolID

- 0
- 1
- Centros poblados Santa Cruz
- Red vial vecinal
- Red vial nacional
- Red vial departamental



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA**

¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

Tesis: Evaluación de parámetros físico-químicos y bacteriológicos para determinar la calidad de las aguas termales según sub categoría B1 "Chancay Baños" – Santa Cruz, 2020

Tesista: Edquén Gavidía, Roxana Licet

Plano: Ubicación de las estaciones de muestreo en el mirador ecológico "Chancay Baños"

Chota - 2021

**Leyenda**

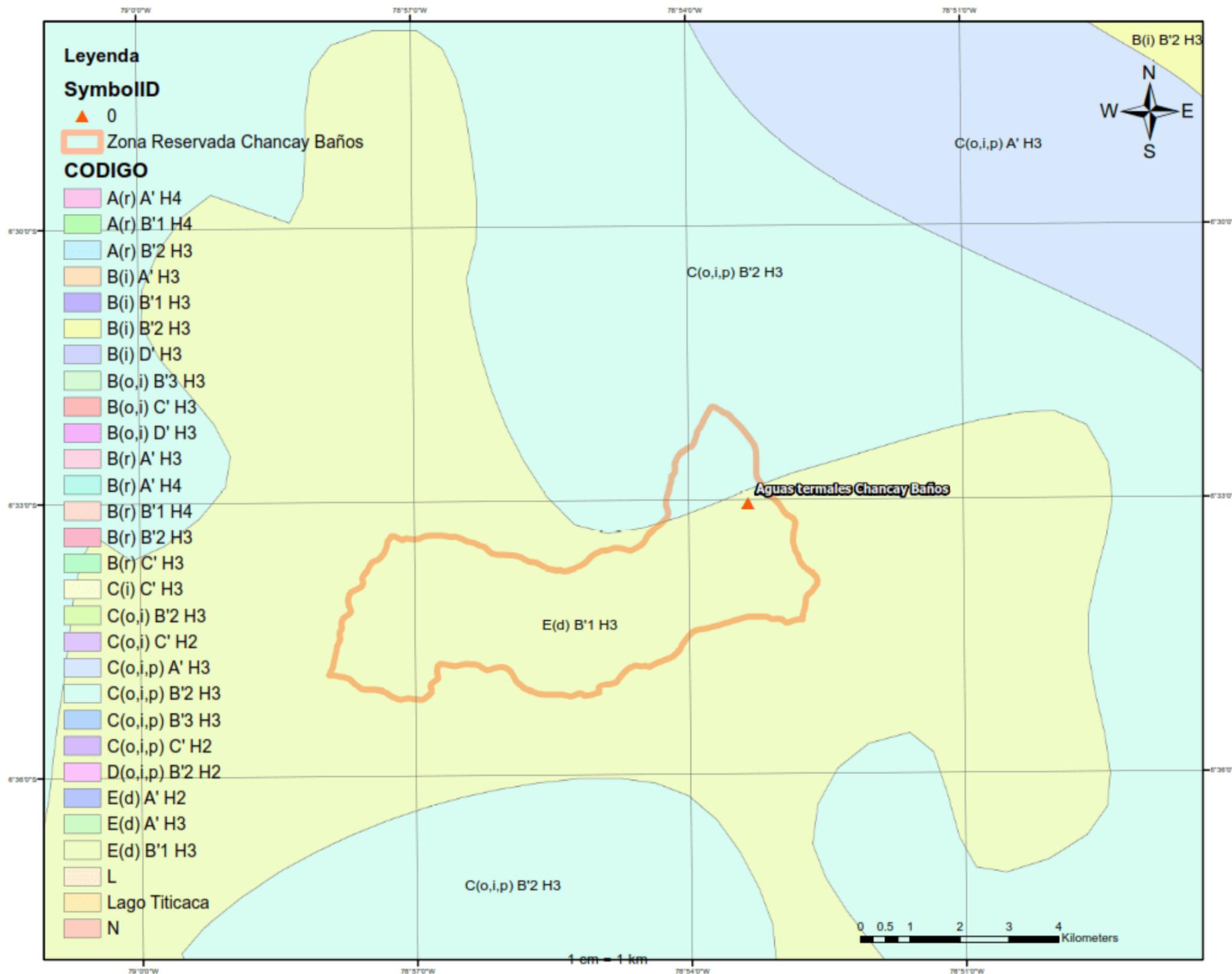
○ Puntos de muestreo

— Vías de acceso

■ Módulos y área verde

□ Módulos

■ Área verde



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA  
FORESTAL Y AMBIENTAL

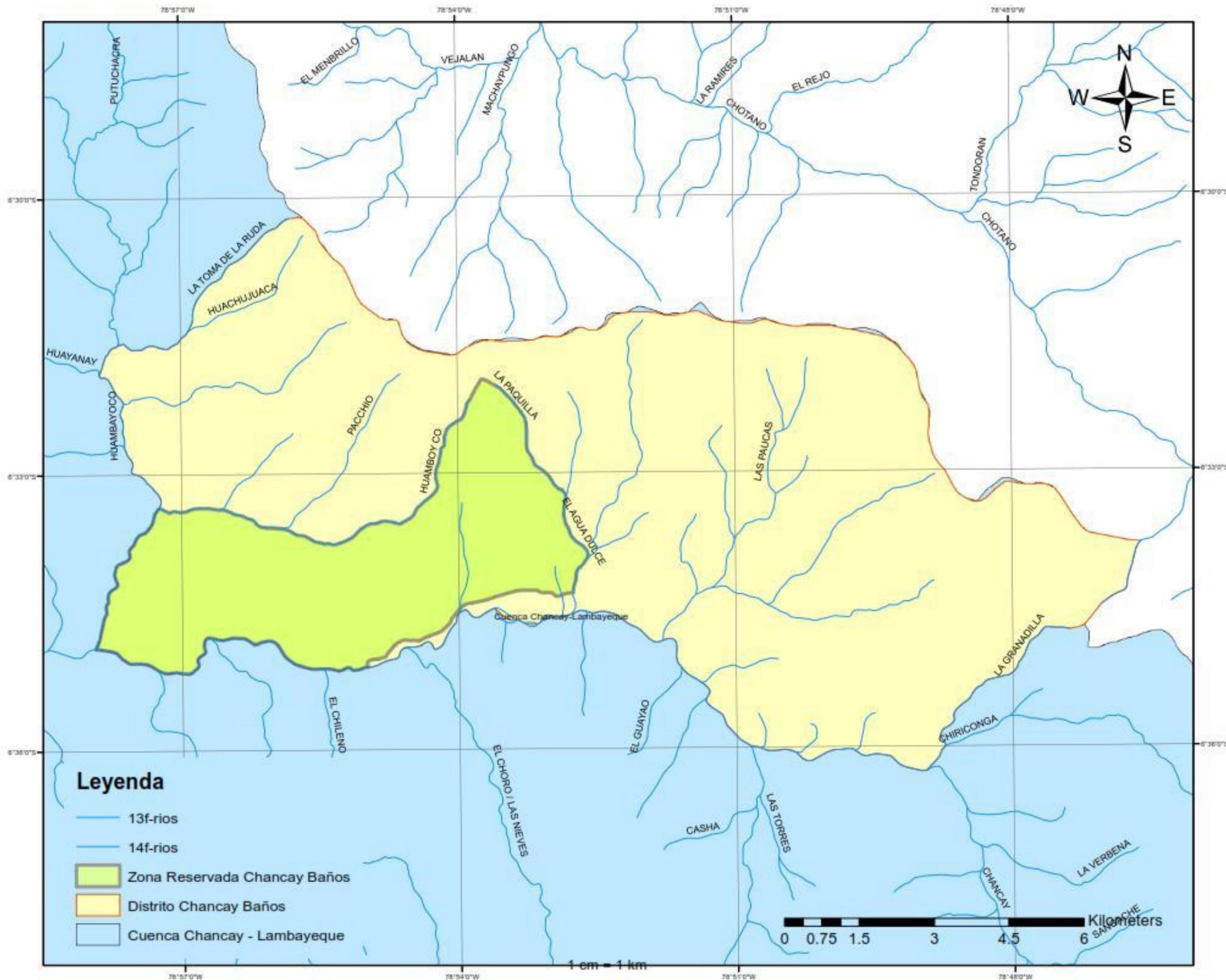
Evaluación de parámetros  
físico-químicos  
y bacteriológicos  
para determinar  
la calidad de las  
aguas termales  
según sub categoría B1  
"Chancay Baños"  
- Santa Cruz, 2020

**PLANO  
TOPOGRÁFICO  
DE LA ZONA  
RESERVADA  
CHANCAY BAÑOS**

Diseñado por:  
Roxana  
Edquen Gavidia

**G-02**

1 inch = 1.11 miles



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERIA  
FORESTAL Y AMBIENTAL

*Evaluación de parámetros  
físico-químicos  
y bacteriológicos  
para determinar  
la calidad de las  
aguas termales  
según sub categoría B1  
"Chancay Baños"  
- Santa Cruz, 2020*

**PLANO  
HIDROLÓGICO  
DEL DISTRITO  
CHANCAY BAÑOS**

Diseñado por:  
Roxana  
Edquen Gavidia

**G-03**

ESCALA  
1:69,298