

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua
subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Diana Elizabeth Quesquen Huaman

ASESOR

Wilmer Moises Zelada Zamora

<https://orcid.org/0000-0002-6064-7506>

Chiclayo, 2025

**Caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua
subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque**

PRESENTADA POR

Diana Elizabeth Qesquen Huaman

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Pablo Adolfo Humberto Valdivia Chacón
PRESIDENTE

Roberto Bruno Reyes Aspiros
SECRETARIO

Wilmer Moises Zelada Zamora
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, quien fue mi fortaleza para nunca rendirme y afrontar las adversidades del camino con el mejor ánimo confiando en mi misión y aprendiendo de cada obstáculo.

A mi familia, quien fue mi soporte incondicional tanto en mi formación personal como académica, por guiarme con paciencia y amor motivándome a cumplir con todos mis objetivos propuestos y acompañándome en cada paso.

Agradecimientos

A Dios, por permitirme cumplir un objetivo y darme la fortaleza que necesitaba.

A mi familia, por siempre procurar mi bienestar y por haber sacrificado tanto por verme convertida en profesional.

A Walter, quien esta carrera me permitió conocer y se convirtió en un amigo incondicional con quien pude contar desde el día que coincidimos.

A Willy, quién me brindó su soporte académico, emocional y moral, impulsándome cada día y confiando en mí con la ilusión de verme crecer profesionalmente.

Tesis - Quesquén Huamán.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.uniandes.edu.co

Fuente de Internet

1%

4

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.scielo.org.mx

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to indoamerica

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Fuente de Internet

<1%

9

1library.co

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Revisión de literatura.....	14
Materiales y métodos	21
Resultados y discusión	30
Conclusiones	89
Recomendaciones	91
Referencias	92
Anexos	94

Lista de figuras

Figura 1: Diagrama de Piper-Hill-Langellier	19
Figura 2: Tipos de aguas deducidas de un diagrama triangular de Piper.	19
Figura 3: Diagrama de Stiff.....	20
Figura 4:Pozos poblacionales según inventario de la ANA en la zona en estudio.	22
Figura 5: Toma de muestras y preservación.....	25
Figura 6:Muestras correspondientes a un pozo enviadas al laboratorio.....	26
Figura 7: Puntos de muestreo.	31
Figura 8: Mapa de isoconcentraciones de aluminio.	53
Figura 9: Mapa de isoconcentraciones de antimonio.	54
Figura 10: Mapa de isoconcentraciones de arsénico.	55
Figura 11: Mapa de isoconcentraciones de bario.	56
Figura 12: Mapa de isoconcentraciones de boro.	57
Figura 13: Mapa de isoconcentraciones de cadmio.	58
Figura 14: Mapa de isoconcentraciones de cobre.	59
Figura 15: Mapa de isoconcentraciones de cromo.	60
Figura 16: Mapa de isoconcentraciones de hierro.....	61
Figura 17: Mapa de isoconcentraciones de mercurio.....	63
Figura 18: Mapa de isoconcentraciones de molibdeno.	64
Figura 19: Mapa de isoconcentraciones de níquel.	65
Figura 20: Mapa de isoconcentraciones de plomo.	66
Figura 21: Mapa de isoconcentraciones de sodio.....	67
Figura 22: Mapa de isoconcentraciones de uranio.	68
Figura 23: Mapa de isoconcentraciones de zinc.....	69

Lista de gráficos

Gráfico 1: Diagrama de flujos.....	29
Gráfico 2: Diagrama de Piper del Pozo Huaca Segura (P-1).	38
Gráfico 3: Diagrama de Stiff del Pozo Huaca Segura (P-1).	39
Gráfico 4: Diagrama de Piper del Pozo Medianero (P-2).	40
Gráfico 5: Diagrama de Stiff del Pozo Medianero (P-2).	40
Gráfico 6: Diagrama de Piper del Pozo Acequia Grande (P-3).	41
Gráfico 7: Diagrama de Stiff del Pozo Acequia Grande (P-3).....	42
Gráfico 8: Diagrama de Piper del Pozo Los Ballenas (P-4).....	43
Gráfico 9: Diagrama de Stiff del Pozo Los Ballenas (P-4).	43
Gráfico 10: Diagrama de Piper del Pozo Amor de Dios (P-5).....	44
Gráfico 11: Diagrama de Stiff del Pozo Amor de Dios (P-5).	45
Gráfico 12: Diagrama de Piper del Pozo Villa El Milagro (P-6).	46
Gráfico 13: Diagrama de Stiff del Pozo Villa El Milagro (P-6).	46
Gráfico 14: Diagrama de Piper del Pozo Cascajales (P-7).....	47
Gráfico 15: Diagrama de Stiff del Pozo Cascajales (P-7).....	48
Gráfico 16: Diagrama de Piper del Pozo Montegrande (P-8).	49
Gráfico 17: Diagrama de Stiff del Pozo Montegrande (P-8).	49
Gráfico 18: Diagrama de Piper del Pozo Puerto Arturo (P-9).	50
Gráfico 19: Diagrama de Stiff del Pozo Puerto Arturo (P-9).....	51
Gráfico 20: Diagrama de Piper del Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10).....	52
Gráfico 21: Diagrama de Stiff del Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10).	52
Gráfico 22: Contenido de aluminio en las muestras analizadas.	70
Gráfico 23: Contenido de antimonio en las muestras analizadas.	71
Gráfico 24: Contenido de arsénico en las muestras analizadas.	72
Gráfico 25: Contenido de bario en las muestras analizadas.	73
Gráfico 26: Contenido de boro en las muestras analizadas.	74

Gráfico 27: Contenido de cadmio en las muestras analizadas.	75
Gráfico 28: Contenido de cobre en las muestras analizadas.	76
Gráfico 29: Contenido de cromo en las muestras analizadas.	77
Gráfico 30: Contenido de hierro en las muestras analizadas.	78
Gráfico 31: Contenido de manganeso en las muestras analizadas.	79
Gráfico 32: Contenido de mercurio en las muestras analizadas.....	80
Gráfico 33: Contenido de molibdeno en las muestras analizadas.	81
Gráfico 34: Contenido de níquel en las muestras analizadas.	82
Gráfico 35: Contenido de plomo en las muestras analizadas.	83
Gráfico 36: Contenido de sodio en las muestras analizadas.	84
Gráfico 37: Contenido de uranio en las muestras analizadas.	85
Gráfico 38: Contenido de zinc en las muestras analizadas.	86

Lista de tablas

Tabla 1: Pozos poblacionales activos en la zona en estudio.	24
Tabla 2: Métodos de los ensayos de laboratorio.	26
Tabla 3: Iones necesarios para la caracterización de las aguas subterráneas.	27
Tabla 4: Límites Máximos Permisibles de metales pesados.	28
Tabla 5: Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio SGS del Perú.	32
Tabla 6: Presencia de cationes en cada pozo estudiado.	36
Tabla 7: Presencia de aniones en cada pozo estudiado.	37

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo caracterizar la hidrogeoquímica del agua subterránea en la cuenca baja del Chancay Lambayeque y detectar posibles anomalías en las concentraciones de metales pesados, con el fin de evaluar la calidad del agua y su idoneidad para el consumo humano. El estudio se centra en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. Se analizaron muestras de diez pozos poblacionales activos, llevando a cabo ensayos de laboratorio para determinar las características químicas del agua, incluidos los principales aniones, así como para verificar la concentración de metales pesados. La caracterización se realizó mediante diagramas de Piper-Hill-Langelier y diagramas de Stiff. Además, se elaboraron mapas de isoconcentraciones de 17 metales pesados. La calidad del agua se evaluó de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Los resultados revelaron que ocho de los pozos exceden los límites permitidos en al menos uno de los parámetros analizados. En consecuencia, solo dos pozos son considerados aptos para el consumo humano, de acuerdo con sus propiedades químicas y la presencia de metales pesados.

Palabras clave: Agua subterránea, hidrogeoquímica, metales pesados, calidad del agua.

Abstract

This research aims to characterize the hydrogeochemistry of groundwater in the lower Chancay Lambayeque basin and detect possible anomalies in heavy metal concentrations, in order to evaluate water quality and its suitability for human consumption. The study focuses on the districts of Eten, Monsefu, Reque and La Victoria. Samples from ten active population wells were analyzed, carrying out laboratory tests to determine the chemical characteristics of the water, including the main anions, as well as to verify the concentration of heavy metals. Characterization was performed using Piper-Hill-Langelier diagrams and Stiff diagrams. In addition, isoconcentration maps of 17 heavy metals were produced. Water quality was evaluated according to the maximum permissible limits established in the “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. The results revealed that eight of the wells exceeded the permissible limits in at least one of the parameters analyzed. Consequently, only two wells are considered fit for human consumption, according to their chemical properties and the presence of heavy metals.

Keywords: Groundwater, hydrogeochemistry, heavy metals, water quality.

Introducción

El agua subterránea juega un papel fundamental en el ciclo hidrológico y en la sustentabilidad del medio ambiente y la sociedad. Una razón clave que resalta su importancia es que suministra agua potable, muchas comunidades en todo el mundo dependen de ella para su consumo.

Como parte del ciclo hidrológico, el agua subterránea circula a través de los poros del suelo, de sedimentos y de grietas y fracturas en rocas del subsuelo. Mientras discurre, el agua va transportando sustancias disueltas que tiene implicancias positivas en relación con la disolución de minerales, transporte de nutrientes y de energía; sin embargo, también puede afectar negativamente, dado que este proceso facilita la contaminación y el transporte de elementos nocivos al subsuelo, generando como resultado que el agua que no sea apta para el consumo humano.

Detectar la contaminación del agua subterránea presenta un cierto nivel de complejidad dado que la manera de realizar un diagnóstico preciso es perforar pozos para colectar muestras de agua. [1] En los acuíferos, los volúmenes contenidos de agua son tan grandes y generalmente el flujo es lento, teniendo como consecuencia que se necesite bastante tiempo para que el agua se renueve totalmente de manera natural e incluso si se renovara persistiría el problema por las sustancias nocivas que quedan absorbidas en el subsuelo.

En el Perú, más de diez millones de peruanos, es decir el 31,15% de la población, ingiere tóxicos como metales pesados en el agua que consume, poniendo en riesgo la salud de la población [2]. Además, existen estudios donde se demuestra que incluso ciertas hortalizas se ven afectadas por metales pesados por las aguas con las que fueron cultivadas; también que los productos provenientes de bovinos que son alimentados con pastos regados con aguas contaminadas por metales pesados influyen sobre las concentraciones de dichos elementos en su leche y carne [3].

La ingesta de agua con contenido de metales pesados afecta gravemente la salud del ser humano. Entre las principales consecuencias se tiene: problemas estomacales, problemas neuronales, parálisis parcial, ceguera y ciertos cánceres en piel, hígado, riñón, pulmón e incluso próstata [4].

Por ello, es necesario realizar monitoreos constantes a las aguas que sirven para el consumo poblacional, con la finalidad de detectar cualquier anomalía que pueda poner en riesgo la salud de la población usuario y así poder dar una respuesta temprana a la contaminación y así evitar que la población siga consumiendo agua que repercute negativamente en su salud.

En el departamento de Lambayeque, ejemplo de lo anteriormente mencionado, es la contaminación por arsénico y plomo en el agua subterránea del distrito de Mórrope. Los estudios de la calidad del agua se realizaron tardíamente afectando a un total de 15 783 personas, según data del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD), teniendo que declarar al distrito en estado de emergencia.

En la provincia de Chiclayo, la cuenca que políticamente abarca mayor núcleo urbano es la cuenca Chancay Lambayeque, la cual abastece a la población con sus aguas. Según inventario realizado por la Autoridad Nacional del Agua, en la cuenca baja y media del río Chancay se inventariaron 1132 pozos utilizados, de los cuales 850 son de uso doméstico, 205 para riego, 69 agropecuario y 8 de uso industrial [5].

Actualmente, la caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en la cuenca baja Chancay – Lambayeque carece de actualizaciones, generando desconocimiento sobre la calidad del agua de uso poblacional. En el año 2006, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) realizó un análisis de la cuenca alta y media, detectando la presencia de metales pesados que exceden los Límites Máximos Permisibles [6]. En el año 2012, la Autoridad Nacional del Agua (ANA), realizó una caracterización hidrogeoquímica del acuífero Chancay Lambayeque; sin embargo, los parámetros analizados no consideraban metales pesados [7].

Al momento del desarrollo este trabajo de investigación hay carencia de estudios de metales pesados en el agua subterránea de esta cuenca, la población consume agua que se desconoce si cumple con los Estándares de Calidad Ambiental para elementos inorgánicos.

Por lo expuesto, la presente investigación pretende realizar la caracterización hidrogeoquímica y determinar la concentración de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque, centrando su análisis en la provincia de Chiclayo, distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. En el aspecto social, se contribuye a que la población conozca las propiedades químicas del agua de la cual se abastecen. En el aspecto ambiental, se contribuye al cuidado y conservación de las aguas subterráneas de la cuenca baja Chancay Lambayeque. Además, de la concientización sobre la necesidad de adoptar medidas de prevención contra la afectación de la actividad humana en los acuíferos. En el aspecto científico, se encontró necesaria la realización de esta investigación dada la carencia de información de los metales pesados en la zona en estudio y podría servir como base para un análisis más profundo según interés de cada investigador.

El objetivo general de la investigación es realizar la caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque. Para poder

alcanzar dicho objetivo es necesario identificar pozos poblacionales activos de agua subterránea en la cuenca baja Chancay Lambayeque, tomar muestras de agua de los pozos poblacionales seleccionados para realizar ensayos de laboratorio, determinar la concentración de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque. Para la muestra de resultados se deberán realizar mapas de isoconcentraciones de agua subterránea y verificar el cumplimiento de los parámetros mínimos de la calidad del agua según normativa.

Mediante el análisis realizado se pretende determinar la familia hidroquímica a la que pertenecen las muestras analizadas y verificar la evolución de las aguas por procesos naturales; además, determinar la concentración de metales pesados en las aguas subterráneas. Entre los parámetros analizados se encuentran las propiedades químicas (calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos) y cuarenta y nueve metales pesados, de los cuales diecisiete se encuentran normados en el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS.031.2010., el cual servirá como base para poder verificar la calidad del agua que consume las poblaciones de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria y establecer si es apta para el consumo de la población usuaria.

Revisión de literatura

Antecedentes

Antecedentes internacionales

Velásquez Pedroza, Karen et al.; en su investigación **“Caracterización hidrogeoquímica en la cuenca hidrológica El Carrizal, Baja California Sur, México”** [8] tienen como objetivo caracterizar la composición hidrogeoquímica del agua subterránea y evaluar su calidad para el consumo humano. Se muestrearon 30 pozos en la cuenca El Carrizal, La Paz, La Matanza y Santa Inés-La Muela. Los parámetros analizados fueron: iones mayores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-) y metales pesados (As y Cd), los cuales se determinaron en el laboratorio. Para la clasificación del tipo de agua se empleó el diagrama de Piper, donde se obtuvo que predomina la familia bicarbonatada cálcica (46% de los pozos). El investigador indica el 67% de los pozos analizados superan los límites máximos permisibles establecidos por la OMS para la concentración de Arsénico en época de estiaje, por lo que existe riesgo a la salud de los pobladores que utilizan el agua de estos pozos. Además, atribuyen las altas concentraciones de arsénico en época de estiaje a los procesos de evapotranspiración.

Rojas Pérez, Julio; en su investigación **“Hidrogeoquímica y comportamiento del agua subterránea en la cuenca del valle medio del Magdalena en el área de Villa de Leiva-El Pescado, Colombia: Análisis cuantitativo de la calidad del agua”** [9] realiza un análisis hidrogeoquímico mediante la obtención de datos de 131 pozos perforados en el área de estudio mediante la herramienta Hidrovisor-ASVAMM. El investigador utiliza diagramas de Piper y de Stiff con el fin de analizar las muestras de manera gráfica y clasificar la muestra en familias, donde predominan las aguas cloruradas cálcicas y magnésicas, y aguas bicarbonatadas cálcicas y magnésicas. Luego, procedió a generar los mapas de isoconcentraciones, gracias a los cuales le fue posible visualizar la distribución espacial de los diferentes contaminantes con mayor semejanza a la realidad y poder determinar las zonas en las cuales las concentraciones de los iones determinantes de la calidad del agua se encuentran en valores críticos respecto a los valores máximos aceptados. Por último, se realiza una comparación de los valores obtenidos con la normativa para la calidad del agua en Colombia.

Antecedentes nacionales

Vásquez Cercado, César Iván; en su investigación **“Modelamiento hidroquímico de la cuenca del río Moche y propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad”** [10] elabora el modelo hidroquímico de la cuenca del río Moche y presenta propuestas de solución a los problemas de contaminación en la región La Libertad. El investigador contempla una muestra de 8 puntos distribuidos a lo largo del área en estudio según criterio propio, a las aguas superficiales. Además, incluye en la investigación 28 puntos analizados anteriormente por la Autoridad Nacional del Agua.

Los parámetros analizados fueron características físicas, características químicas y caracterización bacteriológica; además, la concentración de metales pesados. Para la verificación de la calidad del agua se empleó Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Para la representación de resultados se utilizó un modelo hidrológico, mapas de isoconcentraciones y diagrama de Piper.

El estudio concluye que, la mayoría de los parámetros analizados sobrepasan los límites permitidos para la calidad de las aguas superficiales, tanto como para consumo humano, como para riego de zonas de cultivo.

Chapoñan Cayao, Jhon Cristhian; en su investigación **“Caracterización hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea del distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque”** [11] realiza la caracterización desde un punto de vista hidrogeoquímico de las aguas

subterráneas del distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque. El estudio se centra en las comunidades que presentan mayor densidad poblacional, analizando una muestra de 10 pozos tubulares en 5 caseríos del distrito.

Los parámetros analizados fueron características químicas (Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio, Hierro II, Hierro III, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Nitratos), y la concentración de metales pesados. Para la verificación de la calidad del agua se empleó el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Para la representación de resultados se utilizó los diagramas de Piper, Stiff y mapas de isoconcentraciones.

El estudio concluye que, más de la mitad de las muestras analizadas se encuentran contaminadas por el metal pesado arsénico.

Antecedentes locales

La Autoridad Nacional del Agua, en su investigación **“Estudio de caracterización del acuífero Chancay – Lambayeque”** [7] tiene como objetivo la caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de la cuenca media y baja Chancay Lambayeque. Los parámetros analizados fueron el Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Bicarbonatos (HCO_3^-), Sulfatos (SO_4^-), cloruros (Cl^-). Para el análisis se empleó los Estándares de Calidad de Agua, en el ámbito nacional, y el de la Organización Mundial de la Salud OMS, en el ámbito internacional. Para la caracterización se consideraron diagramas de Piper, diagramas de Stiff y diagramas de Schoeller. Se obtuvo que en el año 2003 predomina la familia clorurada y sulfatada sódica, en el año 2009 predomina la familia bicarbonatada sódica y cálcica, y en el año 2011 predominan la familia bicarbonatada sódica y cálcica (Reque) y clorurada sódica (La Victoria y Monsefú). Además, el estudio concluye que, el 47% de las aguas se consideran de mala calidad, seguida por las aguas de calidad mediocre.

Velásquez Pedroza, Karen et al.; en su investigación **“Dispersión geoquímica de metales pesados en la cuenca alta y media de los ríos Chancay y Lambayeque - Cajamarca; implicancias ambientales”** [12] se enfoca en la caracterización de los principales metales pesados en aguas y sedimentos de escorrentía en la cuenca alta y media de los ríos Chancay y Lambayeque - Cajamarca para la determinación de su impacto en el medio ambiente.

Su análisis consta de 120 muestras de aguas de escorrentía y 283 muestras de sedimentos activos de corriente. En cada estación de muestreo se tomaron lecturas de los parámetros fisicoquímicos.

Para evaluar la calidad del agua se tomó como base los límites fijados por la Ley General de Aguas para agricultura, ganadería y consumo humano. Se analizaron los parámetros regulados en esta ley, los cuales son: As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni y Zn. Para la caracterización química del agua se empleó el diagrama de Piper, donde predomina la familia bicarbonatada sódica.

Se obtienen tres muestras de agua donde los límites de calidad de aguas son superados en Cr-Ni-Pb, sulfatos y Fe, estando relacionados a la actividad antrópica. En cuanto a los sedimentos de escorrentía, existen dos sectores cuyas muestras, exceden los LMP en As.

Bases teóricas

Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas juegan un papel fundamental en el ciclo hidrológico, representan más del 95% del total de las aguas en el mundo. Su escorrentía es mucho más lenta que la superficial y es el resultado de la infiltración profunda a través de poros o grietas de sedimentos y rocas del agua proveniente de la precipitación o de fuentes superficiales. [13]

Acuífero

Son formaciones geológicas porosas y permeables, que tienen la capacidad tanto de transmitir, como de almacenar aguas subterráneas. [13]

Modos de contaminación de aguas subterráneas

Las sustancias contaminantes pueden afectar a los acuíferos de distinta manera; por ejemplo:

- Infiltración de sustancias depositadas en superficie, o de la lluvia a través de ellas.
- Filtración de sustancias almacenadas bajo tierra, o disolución de ellas por el flujo natural del agua subterránea.
- Desde otro acuífero, a través de captaciones que comuniquen ambos acuíferos.
- Inyección en pozos. [14]

Metales pesados

Los metales pesados están presentes en la naturaleza, pero en pequeñas cantidades; sin embargo, debido a actividades humanas su concentración se ha incrementado significativa teniendo repercusiones negativas en el ecosistema. Afecta gravemente al ambiente y a la salud

humana debido a su toxicidad generando enfermedades en las comunidades que están expuestas a ellos. [15]

Calidad del agua

La calidad del agua puede resumirse como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. [16]

Hidrogeoquímica

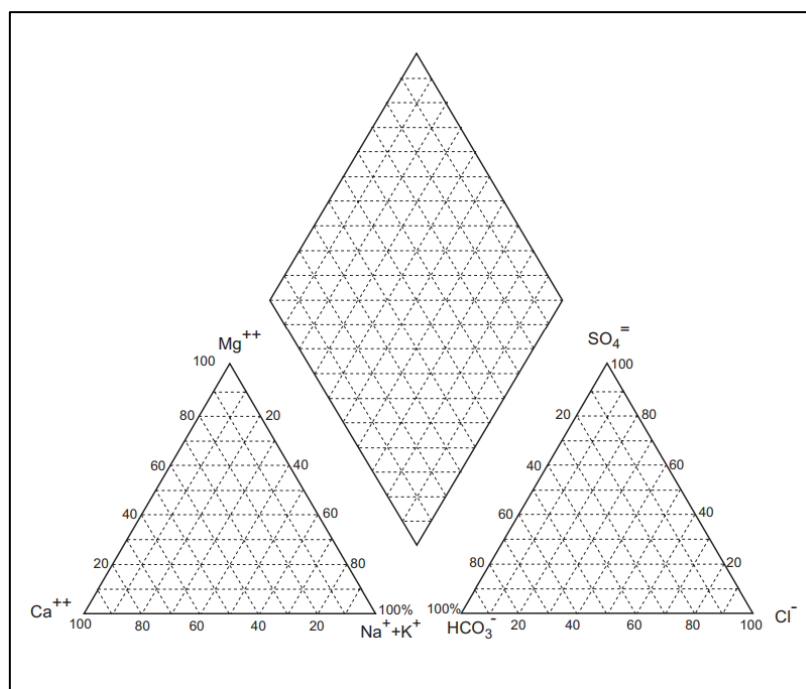
La hidrogeoquímica se basa en la interpretación de la distribución de los elementos químicos en el agua subterránea. Tiene como propósito ayudar en la comprensión de las condiciones hidrogeológicas tanto de formación como de evolución del agua subterránea. La hidrogeoquímica tiene diversas aplicaciones entre las cuales resaltan: la caracterización de las aguas con el fin de establecer si las características químicas presentes en el agua son las adecuadas para la determinación de la potabilidad del agua y la mitigación de los contaminantes de las aguas subterráneas. [9]

La hidrogeoquímica estudia las propiedades químicas del agua tanto de cuerpos superficiales como subterráneos, con especial interés en aquellos que dependan de la geología regional, analiza los procesos de interacción con el suelo y el impacto que tiene esta interacción con los iones disueltos en el agua. [17]

Diagrama de Piper-Hill-Langelier

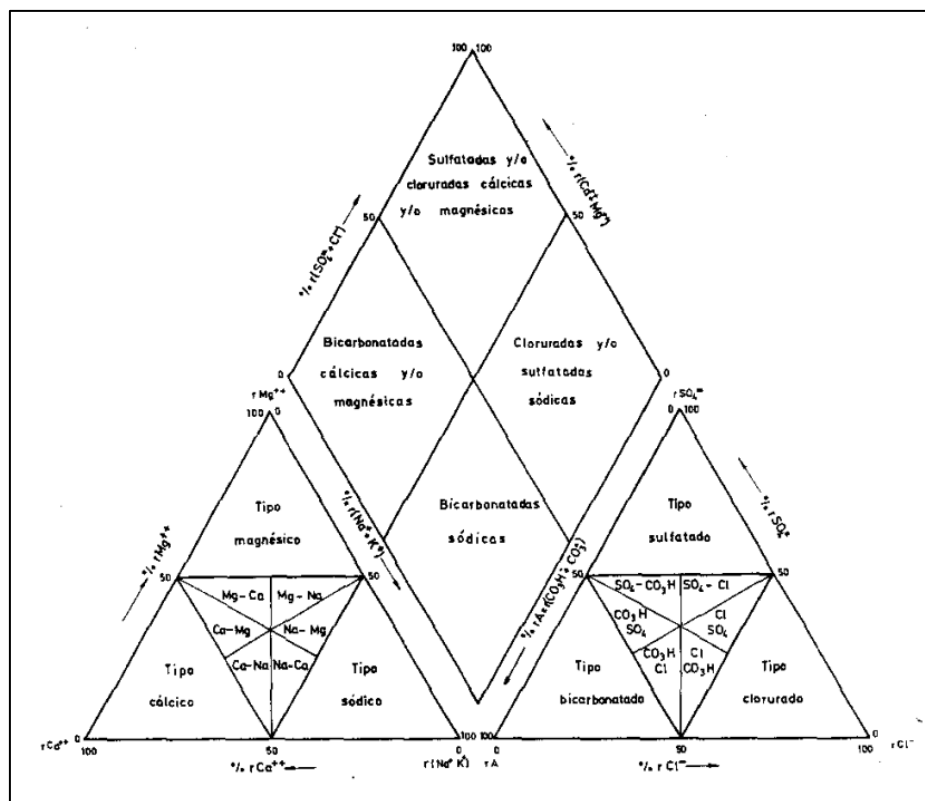
El diagrama de Piper sirve para representar la proporción de los iones presentes en las aguas subterráneas. Consta de dos triángulos, en los cuáles se representa el 100% de los cationes principales (triángulo izquierdo) y aniones (triángulo derecho); además, de un rombo que recoge la información de ambos triángulos y muestra a qué familia pertenece la muestra analizada. [14].

Figura 1: Diagrama de Piper-Hill-Langellier



Fuente: Hidrología Superficial y Subterránea. [14]

Figura 2: Tipos de aguas deducidas de un diagrama triangular de Piper.

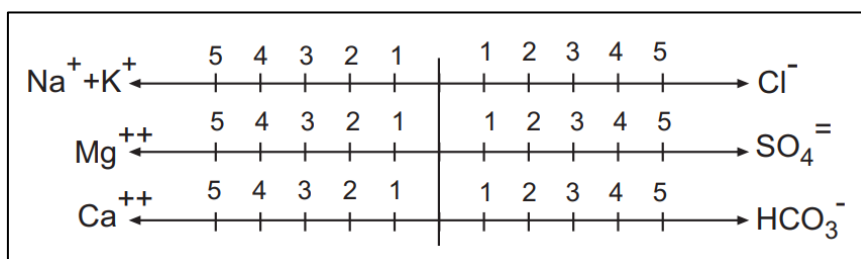


Fuente: Hidrología Subterránea. [18]

Diagrama de Stiff

El diagrama de Stiff representan gráficamente la variación que existe entre los iones de una muestra en estudio. En su forma más sencilla se forman con 3 ejes paralelos hacia la izquierda (cationes) y otros tres hacia la derecha (aniones). Se colocan los valores donde corresponda y se unen todos los puntos formando un polígono, permitiendo observar el catión y anión predominante en el agua analizada [14].

Figura 3: Diagrama de Stiff.



Fuente: Hidrología Superficial y Subterránea. [14]

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva, dado que busca especificar las propiedades de las aguas subterráneas de la cuenca baja Chancay Lambayeque basando su enfoque en la presencia de metales pesados y así poder determinar su calidad para el consumo humano.

Según el tipo de datos a obtener, se trata de una investigación cuantitativa, dado que se pretende realizar un análisis a través de toma de muestras de campo y ensayos de laboratorio con data numérica comparable con los Límites Máximos Permisibles establecidos.

Diseño de investigación

Hipótesis

La cantidad de metales pesados presentes en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque exceden los límites máximos permisibles para consumo humano.

Población, muestra de estudio y muestreo

Población

La población de esta investigación son los pozos poblacionales activos de la cuenca baja Chancay Lambayeque, ubicados en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria.

Muestra

La muestra de esta investigación son 10 pozos poblacionales activos en la cuenca baja Chancay Lambayeque, ubicados en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria.

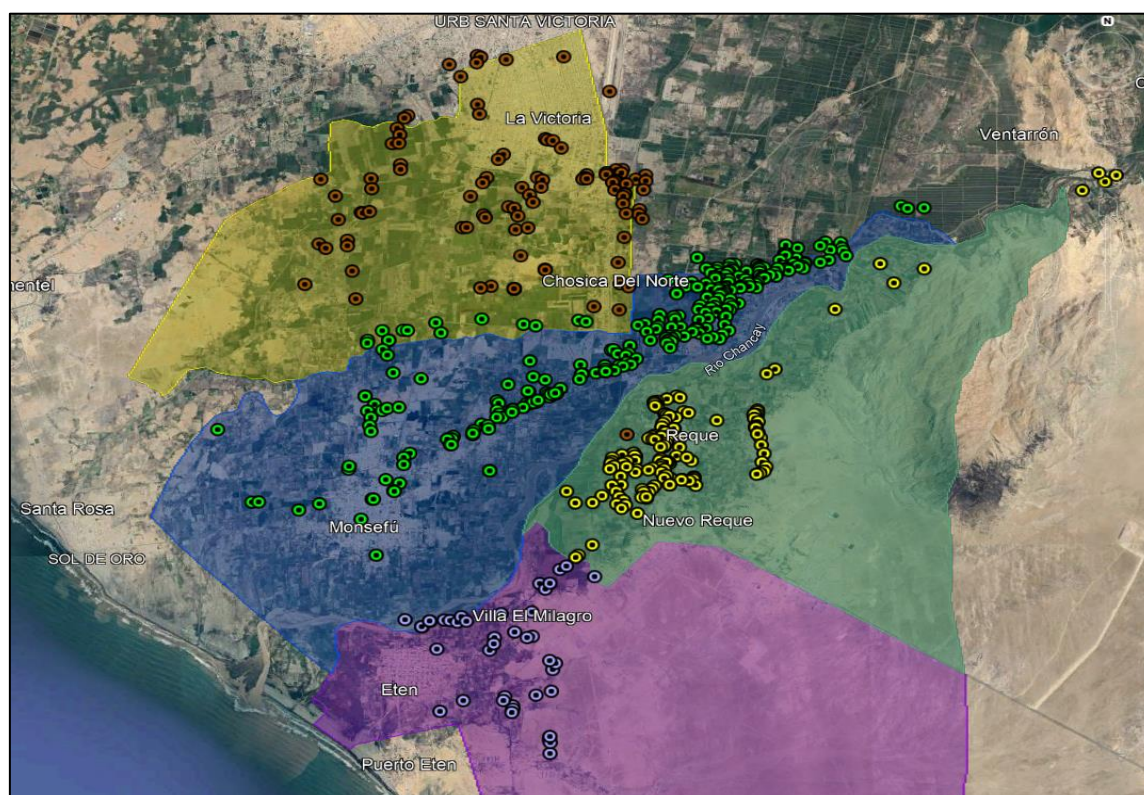
Para la elección de la muestra se tuvo en consideración antecedentes de estudios similares, cuyo objetivo principal es determinar las características de las aguas y verificar la calidad del agua que consume la población. La selección de los pozos analizados se basa en las características individuales de las zonas a estudiar y las comunidades que se abastezcan del agua subterránea para su consumo.

Muestreo

El tipo de muestreo empleado es el muestreo no probabilístico dado que la elección ha sido realizada a criterio del investigador.

El presente estudio pretende realizar un análisis del agua subterránea que pueda afectar a las comunidades que la consuman y que se encuentren ubicadas en la extensión de la cuenca baja del río Chancay Lambayeque, centrando su análisis en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. Para el análisis se consideraron pozos que se encuentren actualmente activos y que según su uso pertenezcan a la categoría de uso poblacional. En la Figura 4, se muestra la zona de estudio y los pozos poblacionales registrados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en su último inventario “Características técnicas, mediciones y volúmenes de explotación de pozos”.

Figura 4: Pozos poblacionales según inventario de la ANA en la zona en estudio.



Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Operacionalización de variables

La presente investigación considera una variable independiente y cuatro variables dependientes, las cuales se detallan Cuadro 1.

Cuadro 1: Cuadro de Operacionalización de Variables.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	TÉCNICA	UNIDAD	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	Pozos poblacionales	Ubicación	Coordenadas UTM	Visita a campo	m	Sistema de información geográfica
		Características	Estado actual			Ficha técnica
DEPENDIENTE	Caracterización hidrogeoquímica	Clasificación de las aguas	Facies hidrogeoquímicas	Diagrama de Piper	meq/L	Hojas de cálculo Diagramas
			Composición de las aguas	Diagrama de Stiff	meq/L	
	Características de las aguas	Propiedades químicas	Calcio	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.	mg/L	Fichas técnicas
			Magnesio	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.	mg/L	
			Sodio	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.	mg/L	
			Potasio	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.	mg/L	
			Cloruros	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.	mg/L	
			Sulfatos	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.	mg/L	
			Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method.	mg/L	
			Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method.	mg/L	
		Concentración de metales pesados	49 metales pesados	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.	mg/L	
	Calidad del agua	Contaminación	Límites Máximos Permisibles	Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. 031.2010 - S.A.	mg/L	Diagramas Herramientas GIS

Fuente: Propia.

Procedimientos

Para el desarrollo de la investigación se inició con un trabajo de campo para la identificación y selección de pozos poblacionales activos en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. Se seleccionaron 10 pozos poblacionales ubicados estratégicamente, a criterio del investigador, para poder realizar un análisis a las aguas subterráneas de esta zona que corresponden a la cuenca Chancay Lambayeque.

Los pozos poblacionales seleccionados para la investigación se describen en la siguiente tabla.

Tabla 1: Pozos poblacionales activos en la zona en estudio.

ID	DESCRIPCIÓN	
	NOMBRE DEL POZO	DISTRITO
P-1	Pozo Huaca Segura	La Victoria
P-2	Pozo Medianero	La Victoria
P-3	Pozo Acequia Grande	Monsefú
P-4	Pozo Los Ballenas	Monsefú
P-5	Pozo Amor de Dios	Monsefú
P-6	Pozo Villa El Milagro	Eten
P-7	Pozo Cascajales	Eten
P-8	Pozo Montegrande	Reque
P-9	Pozo Puerto Arturo	Reque
P-10	Pozo Ampliación Villa El Sol	Reque

Fuente: Propia.

Una vez definidos los pozos poblacionales a analizar se procedió con la toma de muestras con la finalidad de realizar los ensayos de las características químicas y la identificación de metales pesados.

Para acceder a la mayoría de las áreas de análisis se debe realizar un recorrido en trocha. Se tomaron un total de muestras de 4 envases por pozo, con un total de 870 ml según lo indicado por el laboratorio. Se realizó el muestreo de manera cautelosa con la finalidad de no contaminar la muestra, con los instrumentos indicados y preservando la muestra correspondiente a metales pesados.



Figura 5: Toma de muestras y preservación.

Después del trabajo de campo se enviaron las muestras al laboratorio SGS del Perú. Los análisis corresponden a ensayos para determinar las propiedades químicas del agua subterránea (Sodio, Magnesio, Potasio, Calcio, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros y Nitratos) y la verificación de presencia de metales pesados (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Berilio, Bismuto, Boro, Cadmio, Calcio, Cerio, Cesio, Cobalto, Cobre, Cromo, Estaño, Estroncio, Fósforo, Galio, Germanio, Hafnio, Hierro, Lantano, Litio, Lutecio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niobio, Níquel, Plata, Plomo, Potasio, Rubidio, Selenio, Sílice, Silicio, Sodio, Talio, Tantalio, Teluro, Thorio, Titanio, Uranio, Vanadio, Wolframio, Yterbio, Zinc, Zirconio).



Figura 6: Muestras correspondientes a un pozo enviadas al laboratorio.

Los métodos utilizados según el laboratorio SGS del Perú se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Métodos de los ensayos de laboratorio.

ANÁLISIS	MÉTODO
Bicarbonatos (mg HCO ₃ /L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method.
Carbonatos (mg CO ₃ /L)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method.
Cloruro (mg/L)	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.
Sulfato (mg/L)	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography.
Potencial de Hidrógeno (pH)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H ⁺ -B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.
Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015.

Fuente: SGS del Perú.

Para el procesamiento de los datos obtenidos en el laboratorio se usó como herramienta el programa de hojas de cálculo Excel. Asimismo, para la representación gráfica de los valores obtenidos, se empleó el software ArcGis 10.8.2.

La caracterización hidrogeoquímica de las aguas subterráneas de los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria, se realizó empleando los diagramas de Piper y de Stiff.

Los iones necesarios para la caracterización se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3: Iones necesarios para la caracterización de las aguas subterráneas.

IONES PRINCIPALES					
CATIONES			ANIONES		
Calcio	Ca^{2+}	(meq/L)	Cloruros	Cl^-	(meq/L)
Magnesio	Mg^{2+}	(meq/L)	Sulfatos	SO_4^{2-}	(meq/L)
Sodio	Na^+	(meq/L)	Carbonatos	CO_3^{2-}	(meq/L)
Potasio	K^+	(meq/L)	Bicarbonatos	HCO_3^-	(meq/L)

Fuente: Propia.

Diagrama de Piper

Los datos de entrada deben estar en meq/L para cada ion (cationes y aniones). Se deben calcular los porcentajes tanto de los cationes como de los aniones de manera separada. El valor de los cationes debe sumar 100% correspondientes al triángulo izquierdo, lo mismo para los aniones correspondientes al triángulo derecho.

Primero se ubican los valores en los triángulos, correspondientes a los valores de los cationes y aniones encontrados en cada muestra. Luego se proyectan estos valores al rombo. De acuerdo con la ubicación del punto final se determina la facie hidroquímica de cada muestra. [19]

Diagrama de Stiff

Los datos de entrada deben estar en meq/L para cada ion (cationes y aniones). Los valores de cada ion se ubican en su respectivo eje según el diagrama, luego se unen todos los puntos formando un polígono. Este diagrama representa gráficamente la variación que existe entre cationes y aniones, pudiendo observarse qué ion predomina en el agua analizada.

Para la representación gráfica de los resultados se empleó el software ArcGis 10.8.2. Se realizaron mapas de isoconcentraciones para cada parámetro analizado. Se introdujeron los datos geográficos de las visitas a campo en cada pozo en estudio con sus respectivos resultados obtenidos en el laboratorio.

La verificación de la calidad de agua se realizó considerando los parámetros establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, D.S. 031.2010 -S.A.

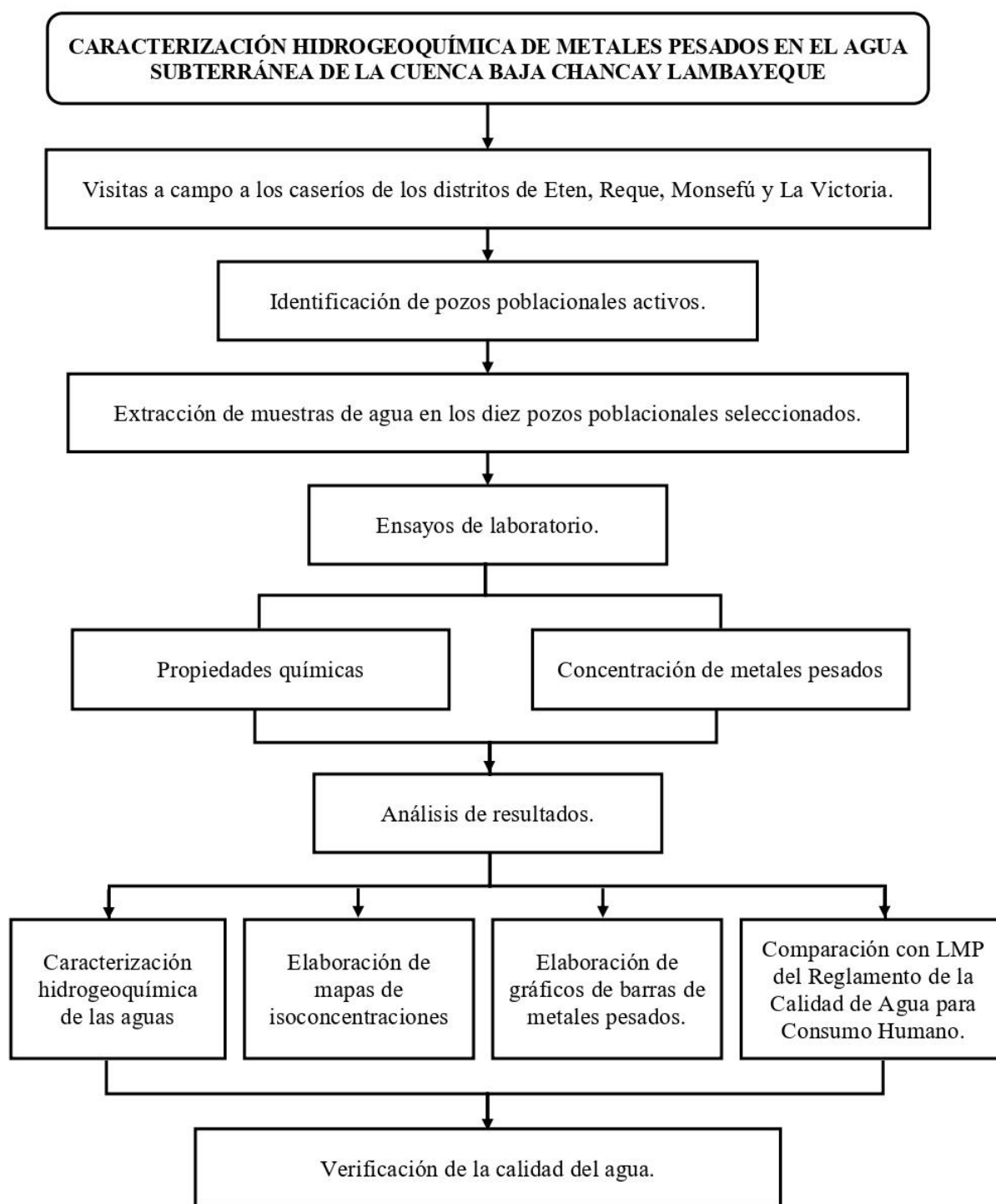
El análisis obtenido de los resultados se presenta a través de gráficos de barras para identificar las anomalías de presencia de metales pesados.

Tabla 4: Límites Máximos Permisibles de metales pesados.

Metales Pesados	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0.020
Arsénico	mg As L ⁻¹	0.010
Bario	mg Ba L ⁻¹	0.700
Boro	mg B L ⁻¹	1.500
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0.003
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2.000
Cromo	mg Cr L ⁻¹	0.050
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.300
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0.400
Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0.001
Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0.070
Niquel	mg Ni L ⁻¹	0.020
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0.010
Sodio	mg Na L ⁻¹	200
Uranio	mg U L ⁻¹	0.015
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3.000

Fuente: Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Gráfico 1: Diagrama de flujos.



Fuente: Propia.

Resultados y discusión

Resultados

En el presente capítulo se presentan y se analizan los resultados de la investigación sobre las muestras de agua subterránea de los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria, con la finalidad de determinar sus propiedades químicas y detectar anomalías en la presencia de metales pesados teniendo en consideración el D.S. 031.2010.

Para realizar la caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque fue necesario iniciar con identificar pozos poblacionales activos del agua subterránea en la cuenca baja Chancay Lambayeque.

La selección de los pozos se realizó después de llevar a cabo visitas a los distritos en estudio, se recopiló información necesaria y se seleccionaron 10 pozos de manera estratégica para formar parte del análisis. Para la toma de muestras se contó con el acompañamiento del operador encargado y un representante de la Municipalidad mediante el cual se gestionó el permiso necesario.

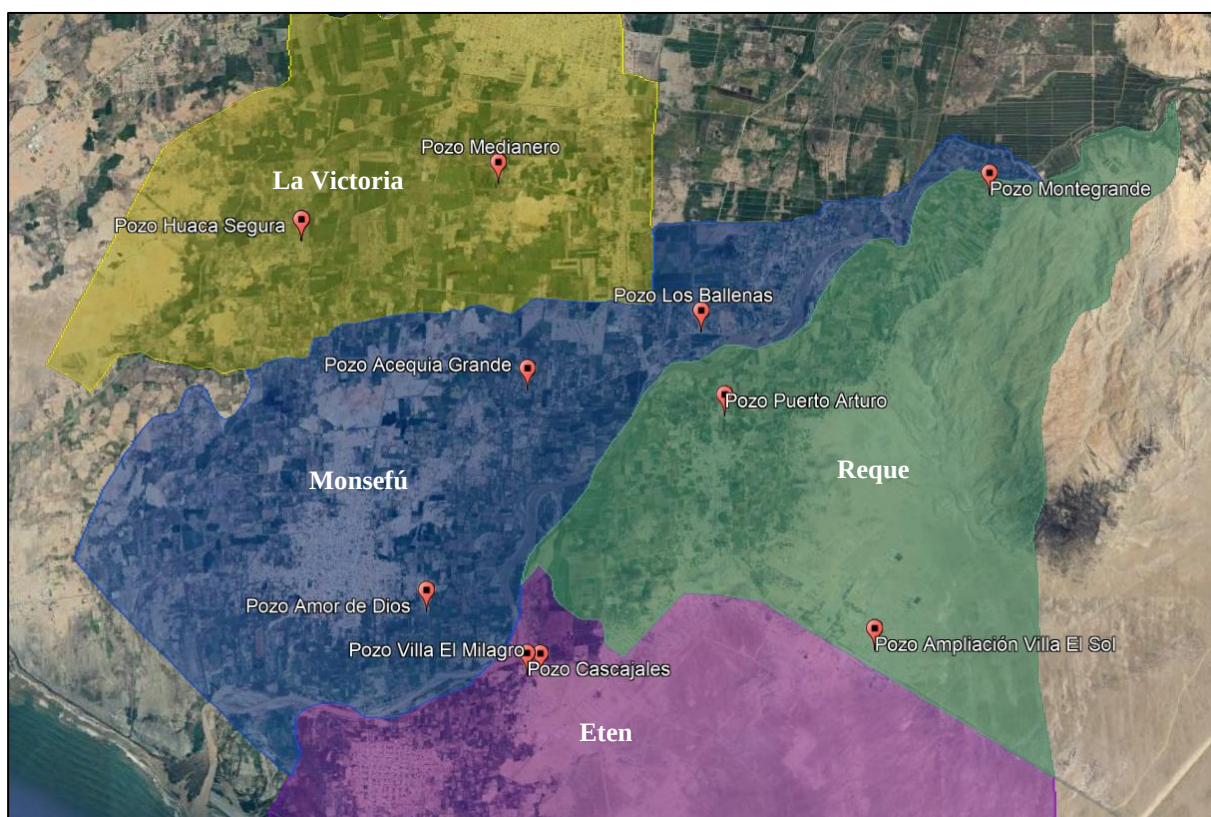
Los pozos analizados se muestran a continuación con las coordenadas obtenidas en campo.

Cuadro 2: Ubicación de los pozos poblacionales seleccionados para el análisis.

ID	DESCRIPCIÓN		COORDENADAS UTM	
	NOMBRE DEL POZO	DISTRITO	ESTE	NORTE
P-1	Pozo Huaca Segura	La Victoria	624294.40	9244503.20
P-2	Pozo Medianero	La Victoria	627378.88	9245339.96
P-3	Pozo Acequia Grande	Monsefú	627781.85	9242144.35
P-4	Pozo Los Ballenas	Monsefú	630504.69	9242995.24
P-5	Pozo Amor de Dios	Monsefú	626153.46	9238738.10
P-6	Pozo Villa El Milagro	Eten	627911.61	9237730.14
P-7	Pozo Cascajales	Eten	627704.34	9237738.88
P-8	Pozo Montegrande	Reque	635032.64	9245053.09
P-9	Pozo Puerto Arturo	Reque	630848.65	9241688.55
P-10	Pozo Ampliación Villa El Sol	Reque	633128.11	9238036.02

Fuente: Propia.

Figura 7: Puntos de muestreo.



Fuente: Propia.

Para conocer las propiedades químicas del agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque en los distritos seleccionados fue necesario tomar muestras de agua de los pozos poblacionales seleccionados para realizar ensayos de laboratorio, para lo cual se siguieron los protocolos indicados y se tuvieron los cuidados necesarios para no contaminar la muestra.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio SGS del Perú, donde se emplearon los métodos indicados en la Tabla 2. Estos ensayos permiten conocer las características químicas del agua e identificar anomalías en la concentración de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque.

Los resultados obtenidos de las 10 muestras analizadas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5: Resultados de los ensayos realizados por el laboratorio SGS del Perú.

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTRAS									
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Bicarbonatos	mg HCO ₃ /L	203.1	518.8	559.3	661.2	658.4	382.8	445.3	380	352.1	126.2
Carbonatos	mg CO ₃ /L	<0.6	5.9	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	<0.6	6	<0.6	<0.6
Cloruro	mg/L	80.485	185.494	102.714	84.828	369.153	253.124	154.046	202.32	53.449	1,616.69
Sulfato	mg/L	123.66	646.06	263.15	215.05	681.3	227.1	227.62	255.71	77.69	136.28
Potencial de Hidrógeno	pH	8.08	8.48	7.56	7.34	7.69	7.65	7.59	8.6	7.95	7.98
Metales Totales											
Aluminio Total	mg/L	0.006	0.005	<0.003	0.003	<0.003	<0.003	0.006	<0.003	0.036	0.021
Antimonio Total	mg/L	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	mg/L	0.00229	0.00254	0.00557	0.00143	0.00405	0.00243	0.00255	0.00183	0.00122	0.00214
Bario Total	mg/L	0.056	0.0378	0.0425	0.0365	0.0267	0.0263	0.017	0.0822	0.0414	0.1529
Berilio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	mg/L	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	mg/L	0.367	0.974	1.064	0.939	1.652	0.618	0.448	0.319	0.201	0.486
Cadmio Total	mg/L	0.00007	<0.00003	<0.00003	0.00003	<0.00003	0.00006	<0.00003	0.00006	0.00006	<0.00003
Calcio Total	mg/L	67.55	129.005	68.371	84.991	144.978	121.585	82.723	113.386	111.939	110.632

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTRAS									
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Cerio Total	mg/L	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	mg/L	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	mg/L	0.00015	0.0001	0.00051	0.00011	0.00012	0.00029	0.00015	0.00009	0.00005	0.00003
Cobre Total	mg/L	0.00126	0.00048	0.00096	0.00389	0.00018	0.00276	0.00037	0.00086	0.00086	0.00012
Cromo Total	mg/L	0.0006	0.0007	0.0039	0.0006	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0005	<0.0003	0.0223
Estaño Total	mg/L	<0.00010	<0.00010	0.00023	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	mg/L	0.6323	1.1152	0.6546	0.6782	1.5631	1.1849	0.7294	0.7289	0.7383	1.4082
Fósforo Total	mg/L	<0.047	<0.047	0.086	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	mg/L	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	mg/L	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	mg/L	0.0162	0.092	0.0344	0.0156	0.0716	0.1602	0.0133	0.0315	0.0495	0.0458
Lantano Total	mg/L	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	mg/L	0.0117	0.008	0.0104	0.008	0.0179	0.0124	0.0087	0.0088	0.0061	0.0362
Lutecio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	mg/L	15.345	30.232	21.797	16.918	39.63	34.826	20.086	14.254	12.858	18.213

[illegible]

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO DE MUESTRAS									
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
Thorio Total	mg/L	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	mg/L	0.0028	0.0029	0.0027	0.0028	0.0037	0.0028	0.0029	0.0029	0.0046	0.0021
Uranio Total	mg/L	0.004601	0.006784	0.009759	0.006143	0.011011	0.006242	0.00564	0.006043	0.002067	0.001275
Vanadio Total	mg/L	0.0071	0.0064	0.0074	0.0034	<0.0003	0.0049	0.0078	0.0063	0.0019	0.0068
Wolframio Total	mg/L	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	mg/L	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	mg/L	<0.0026	<0.0026	<0.0026	0.0212	<0.0026	0.1149	<0.0026	0.0475	0.0029	0.0351
Zirconio Total	mg/L	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045	<0.00045

Fuente: Propia.

En base a los resultados se realizó la caracterización hidrogeoquímica de la muestra en estudio que forma parte del acuífero de Chancay Lambayeque.

Para la elaboración del Diagrama de Piper se extrajeron los valores de los principales cationes (magnesio, calcio, sodio y potasio) y aniones (sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos) de cada pozo estudiado, según los resultados mostrados en la Tabla 5. Se realizó la conversión según las unidades requeridas por el método (meq/L) y se obtuvo el porcentaje de cada ion en la muestra. Los resultados se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 6: Presencia de cationes en cada pozo estudiado.

CATIONES		P-1		P-2		P-3		P-4		P-5	
		Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión
Calcio	Ca ²⁺	3.37	28.32	6.44	23.86	3.41	18.25	4.24	22.54	7.23	19.56
Magnesio	Mg ²⁺	1.26	10.60	2.49	9.22	1.79	9.59	1.39	7.39	3.26	8.81
Sodio	Na ⁺	6.88	57.79	18.04	66.87	13.45	71.97	13.16	69.93	26.45	71.53
Potasio	K ⁺	0.39	3.30	0.01	0.05	0.04	0.19	0.03	0.14	0.03	0.09
Suma		11.90	100.00	26.98	100.00	18.69	100.00	18.82	100.00	36.98	100.00

CATIONES		P-6		P-7		P-8		P-9		P-10	
		Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión	Concentración (mEq/L)	% catión
Calcio	Ca ²⁺	6.07	31.19	4.13	26.20	5.66	32.96	5.59	59.69	5.52	9.79
Magnesio	Mg ²⁺	2.86	14.72	1.65	10.49	0.71	4.14	0.64	6.86	0.91	1.61
Sodio	Na ⁺	10.49	53.93	9.95	63.16	10.73	62.53	3.06	32.66	49.79	88.26
Potasio	K ⁺	0.03	0.15	0.02	0.15	0.06	0.36	0.07	0.79	0.19	0.34
Suma		19.45	100.00	15.75	100.00	17.16	100.00	9.36	100.00	56.41	100.00

Fuente: Propia.

Tabla 7: Presencia de aniones en cada pozo estudiado.

ANIONES		P-1		P-2		P-3		P-4		P-5	
		Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión
Cloruro	Cl ⁻	2.27	27.72	5.23	19.10	2.90	16.50	2.39	13.50	10.41	29.41
Sulfato	SO ₄ ²⁻	2.57	31.44	13.45	49.13	5.48	31.20	4.48	25.26	14.18	40.07
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	0.02	0.20	0.20	0.72	0.02	0.09	0.02	0.09	0.02	0.05
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	3.33	40.64	8.50	31.05	9.17	52.20	10.84	61.14	10.79	30.48
Suma		8.19	100.0	27.38	100.0	17.56	100.0	17.72	100.0	35.40	100.0

ANIONES		P-6		P-7		P-8		P-9		P-10	
		Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión	Concentración (mEq/L)	% anión
Cloruro	Cl ⁻	7.14	39.32	4.34	26.49	5.71	32.68	1.51	16.91	45.59	90.26
Sulfato	SO ₄ ²⁻	4.73	26.04	4.74	28.90	5.32	30.50	1.62	18.15	2.84	5.62
Carbonatos	CO ₃ ²⁻	0.02	0.09	0.02	0.10	0.20	1.15	0.02	0.19	0.02	0.03
Bicarbonatos	HCO ₃ ⁻	6.27	34.55	7.30	44.50	6.23	35.67	5.77	64.75	2.07	4.09
Suma		18.16	100.0	16.40	100.0	17.46	100.0	8.91	100.0	50.51	100.0

Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Huaca Segura (P-1)

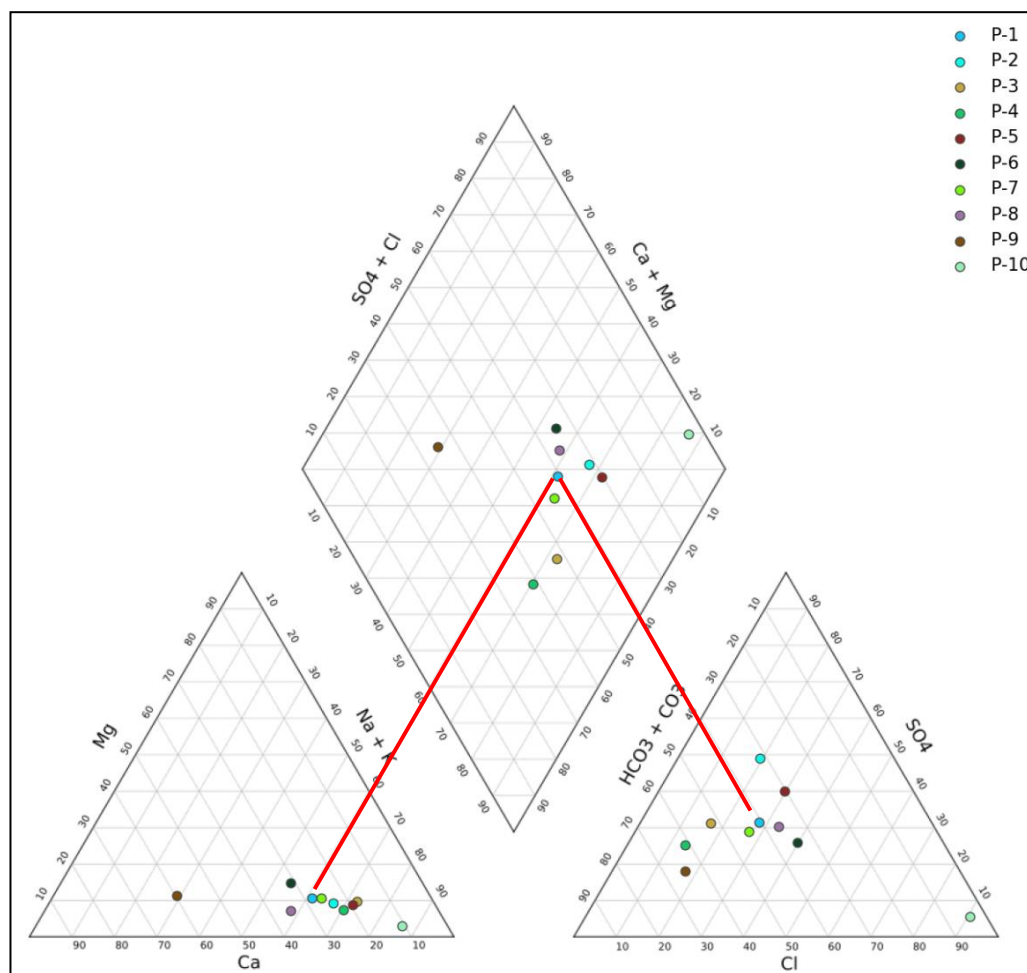
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Huaca Segura (P-1) ubicado en el distrito de La Victoria se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 158.14mg/L; la de cloruro, un valor de 80.49mg/L; y la de sulfato, un valor de 126.66mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de los iones representativos del Pozo Huaca Segura son menos al LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

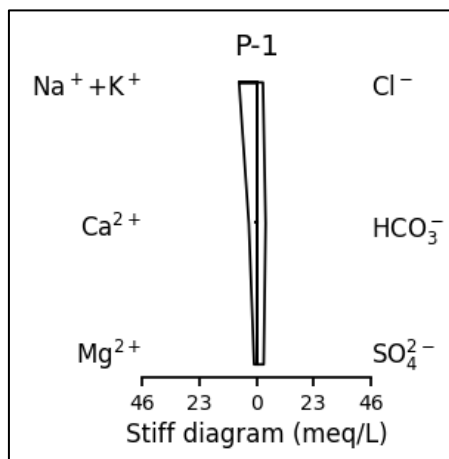
Gráfico 2: Diagrama de Piper del Pozo Huaca Segura (P-1).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Huaca Segura (P-1) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 3: Diagrama de Stiff del Pozo Huaca Segura (P-1).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Medianero (P-2)

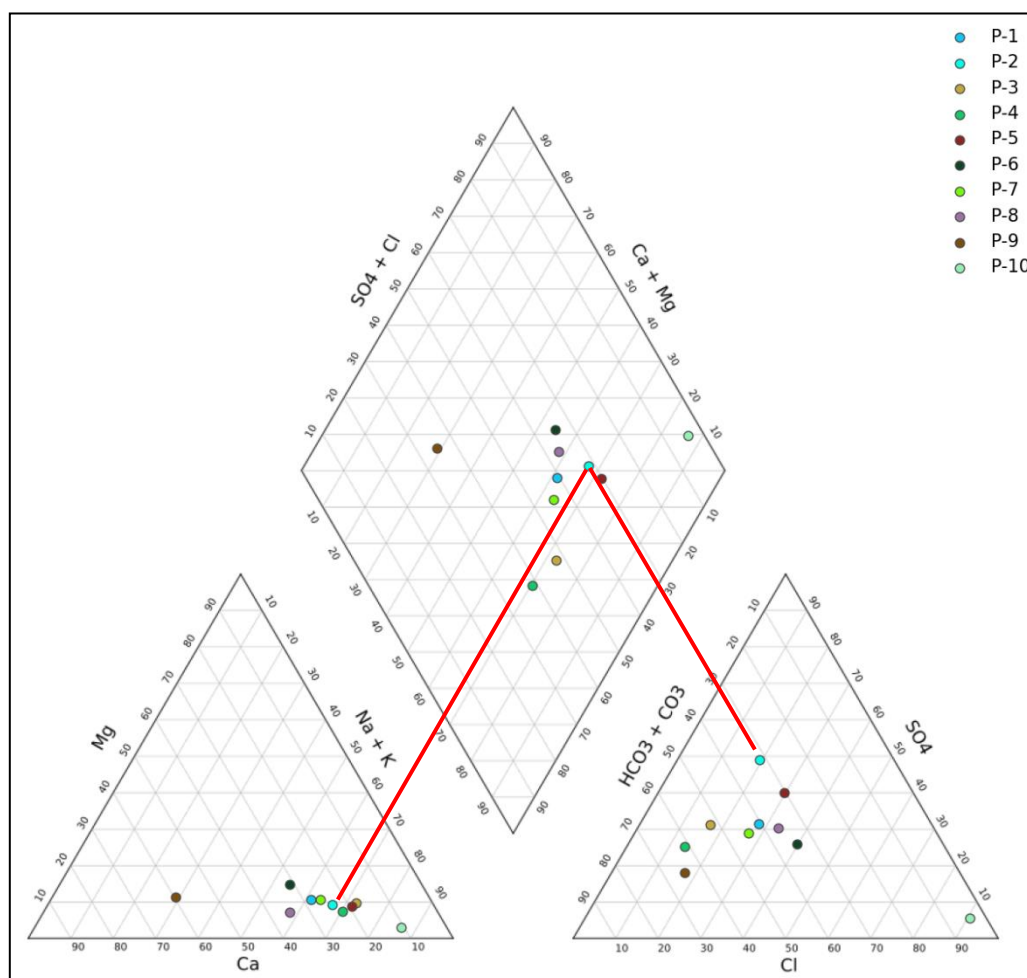
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Medianero (P-2) ubicado en el distrito de La Victoria se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 414.72mg/L; la de cloruro, un valor de 185.49mg/L; y la de sulfato, un valor de 646.06mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y cloruro exceden significativamente los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

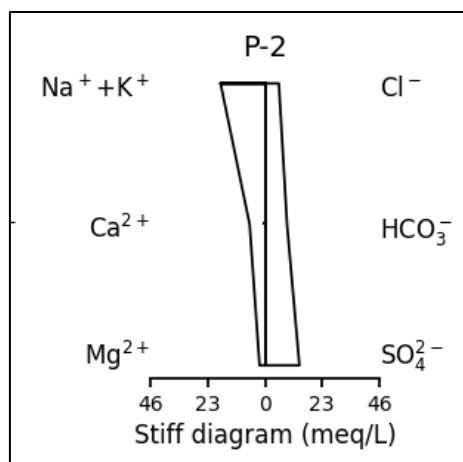
Gráfico 4: Diagrama de Piper del Pozo Medianero (P-2).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Medianero (P-2) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 5: Diagrama de Stiff del Pozo Medianero (P-2).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Acequia Grande (P-3)

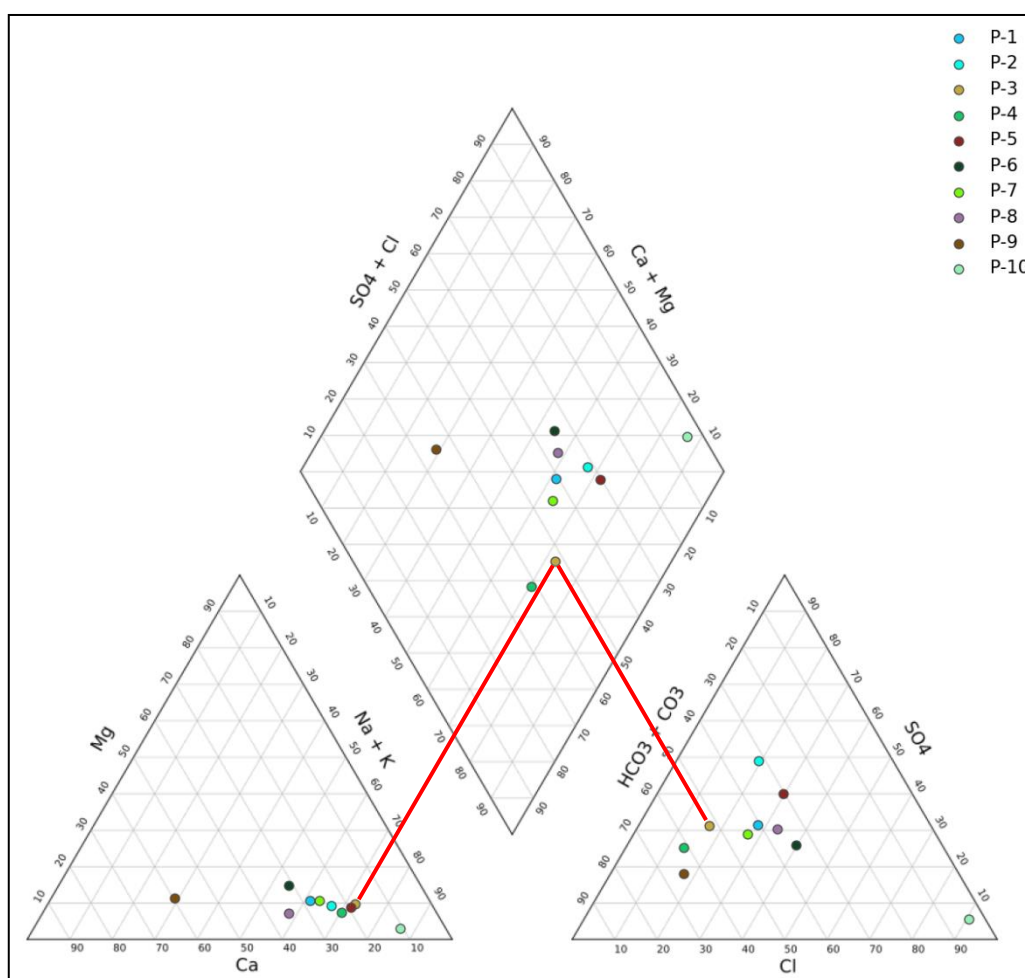
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Acequia Grande (P-3) ubicado en el distrito de Monsefú se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 309.27mg/L; la de cloruro, un valor de 102.71mg/L; y la de sulfato, un valor de 263.15mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y sulfato exceden los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo bicarbonatada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas bicarbonatadas sódicas.

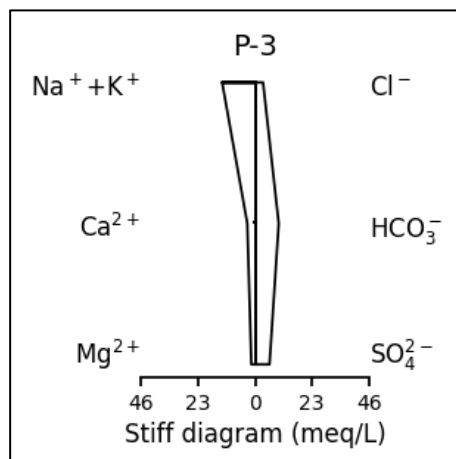
Gráfico 6: Diagrama de Piper del Pozo Acequia Grande (P-3).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Acequia Grande (P-3) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 7: Diagrama de Stiff del Pozo Acequia Grande (P-3).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Los Ballenas (P-4)

Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Los Ballenas (P-4) ubicado en el distrito de Monsefú se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 302.57mg/L; la de cloruro, un valor de 84.83mg/L; y la de sulfato, un valor de 215.05mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y sulfato exceden los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo bicarbonatada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas bicarbonatadas sódicas.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Amor de Dios (P-5)

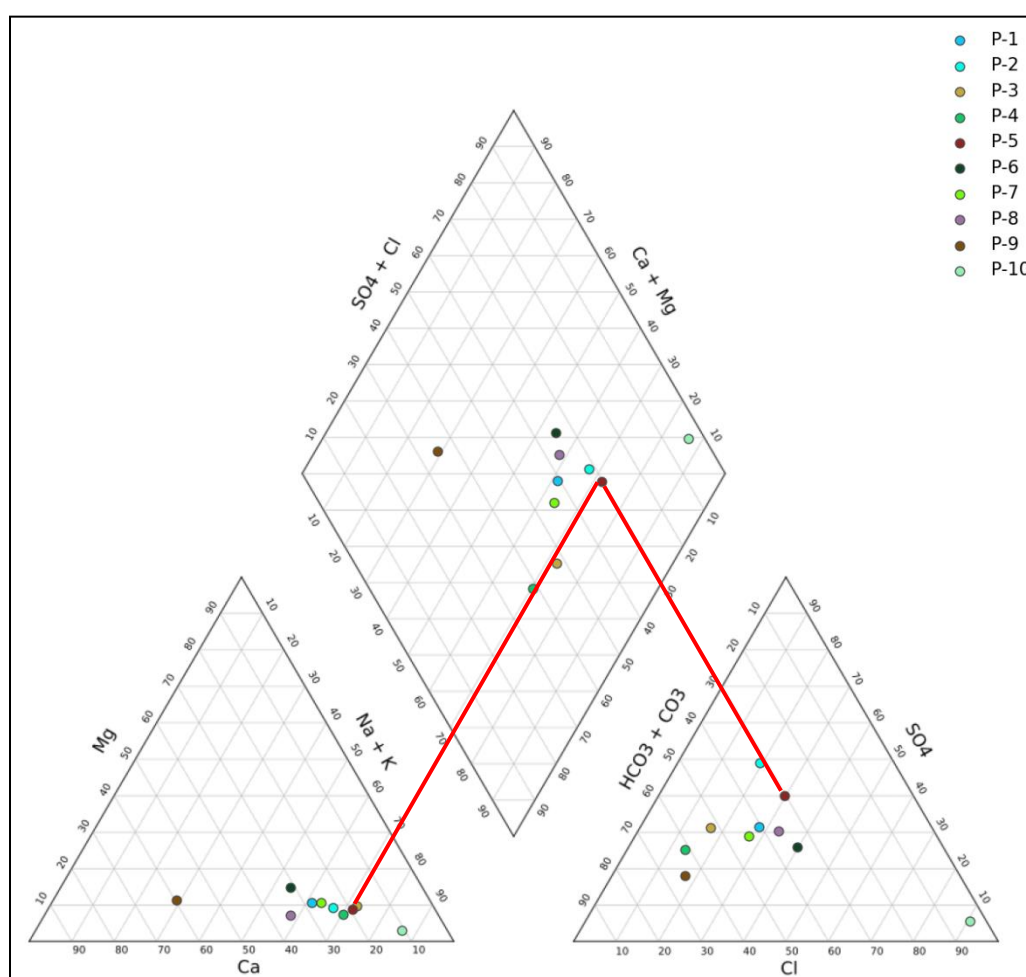
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Amor de Dios (P-5) ubicado en el distrito de Monsefú se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 608.05mg/L; la de cloruro, un valor de 369.15mg/L; y la de sulfato, un valor de 681.3mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los tres valores exceden significativamente los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

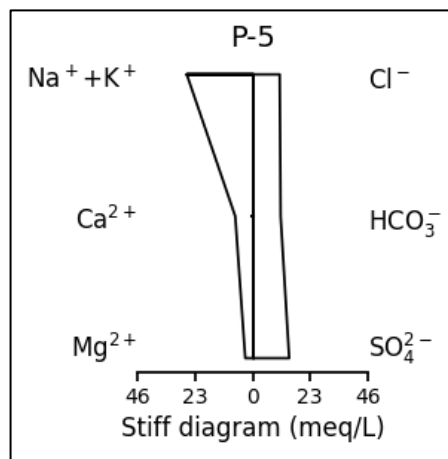
Gráfico 10: Diagrama de Piper del Pozo Amor de Dios (P-5).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Amor de Dios (P-5) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 11: Diagrama de Stiff del Pozo Amor de Dios (P-5).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Villa El Milagro (P-6)

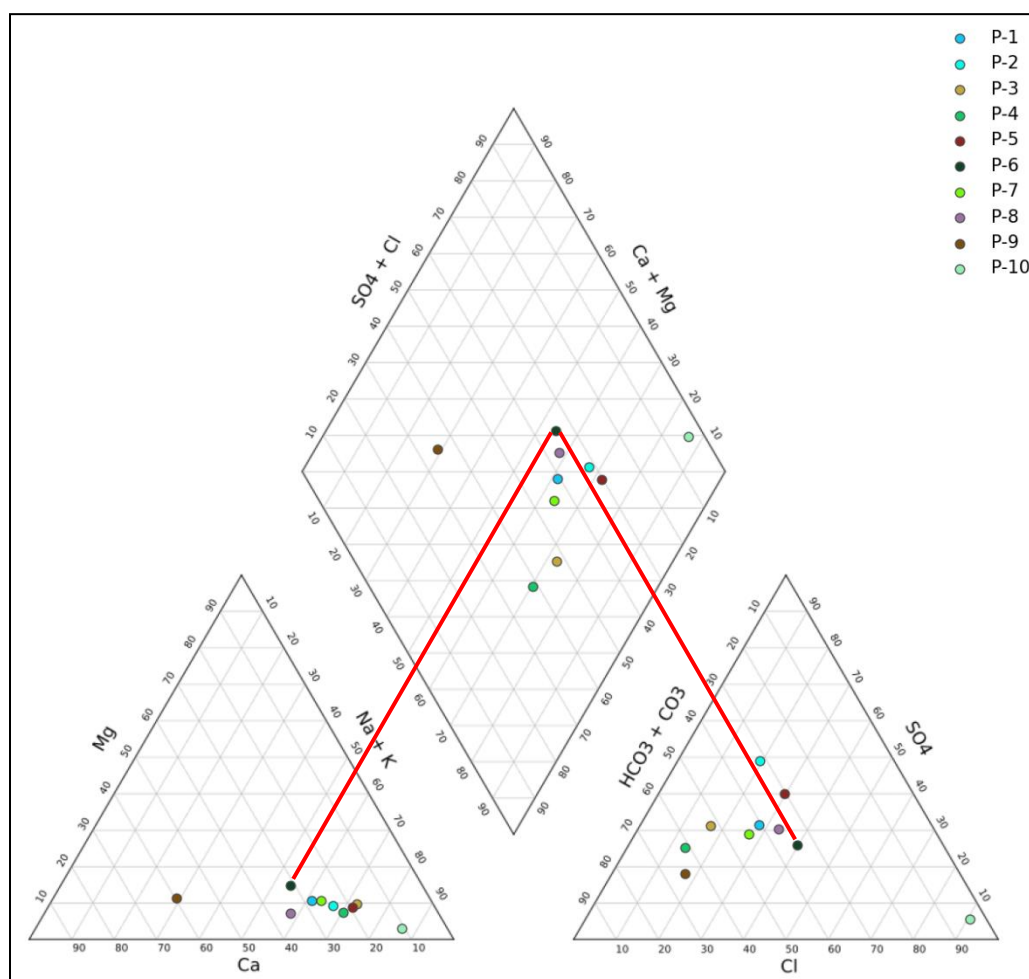
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Villa El Milagro (P-6) ubicado en el distrito de Eten se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 241.16mg/L; la de cloruro, un valor de 253.12mg/L; y la de sulfato, un valor de 227.1mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y cloruro exceden los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

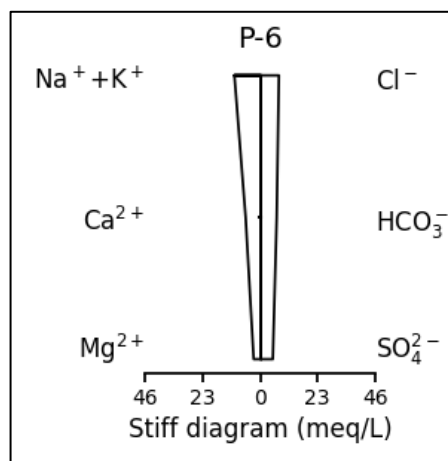
Gráfico 12: Diagrama de Piper del Pozo Villa El Milagro (P-6).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Villa El Milagro (P-6) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 13: Diagrama de Stiff del Pozo Villa El Milagro (P-6).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Cascajales (P-7)

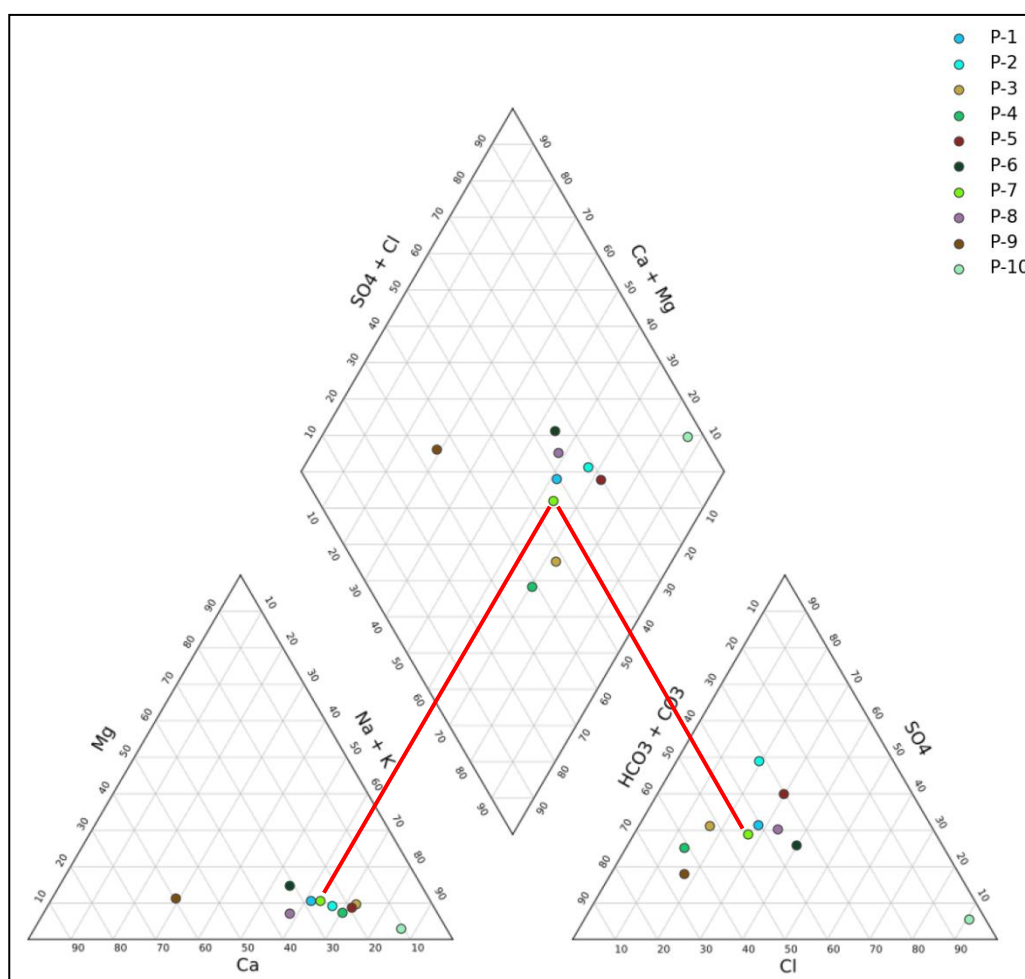
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Cascajales (P-7) ubicado en el distrito de Eten se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 228.756mg/L; la de cloruro, un valor de 154.05mg/L; y la de sulfato, un valor de 227.62mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, el valor de sodio excede los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

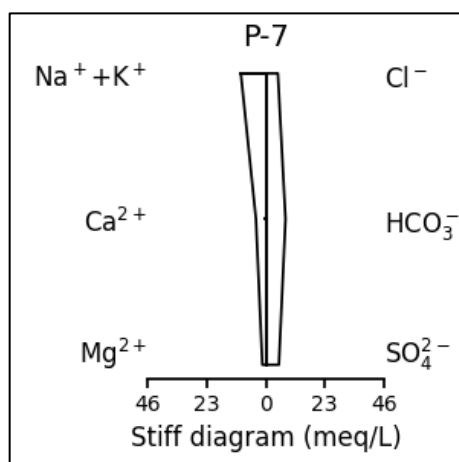
Gráfico 14: Diagrama de Piper del Pozo Cascajales (P-7).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Cascajales (P-7) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 15: Diagrama de Stiff del Pozo Cascajales (P-7).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Montegrande (P-8)

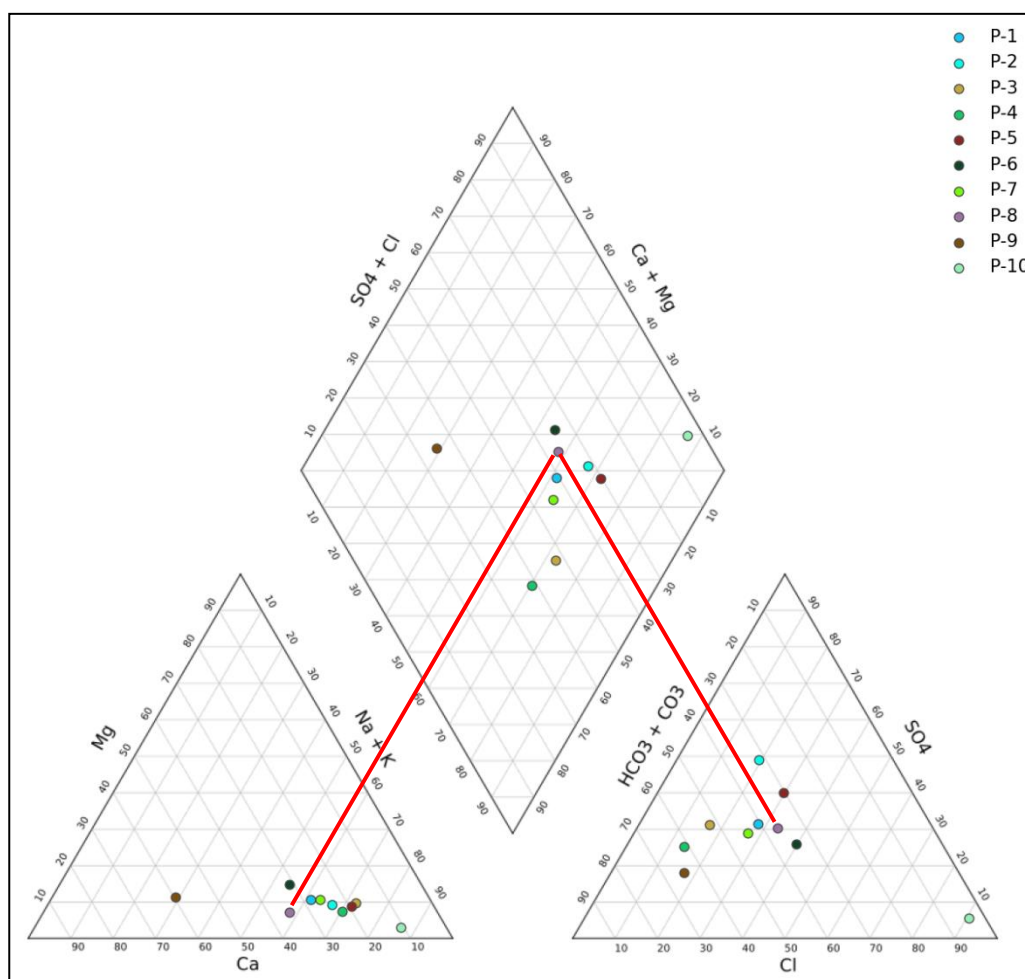
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Montegrande (P-8) ubicado en el distrito de Reque se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 215.08mg/L; la de cloruro, un valor de 202.32mg/L; y la de sulfato, un valor de 255.71mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y sulfato exceden los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el anión, es de tipo sulfatada, bicarbonatada y clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas.

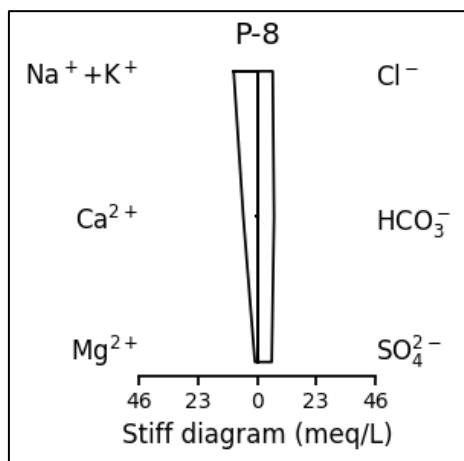
Gráfico 16: Diagrama de Piper del Pozo Montegrando (P-8).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Montegrando (P-8) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 17: Diagrama de Stiff del Pozo Montegrando (P-8).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Puerto Arturo (P-9)

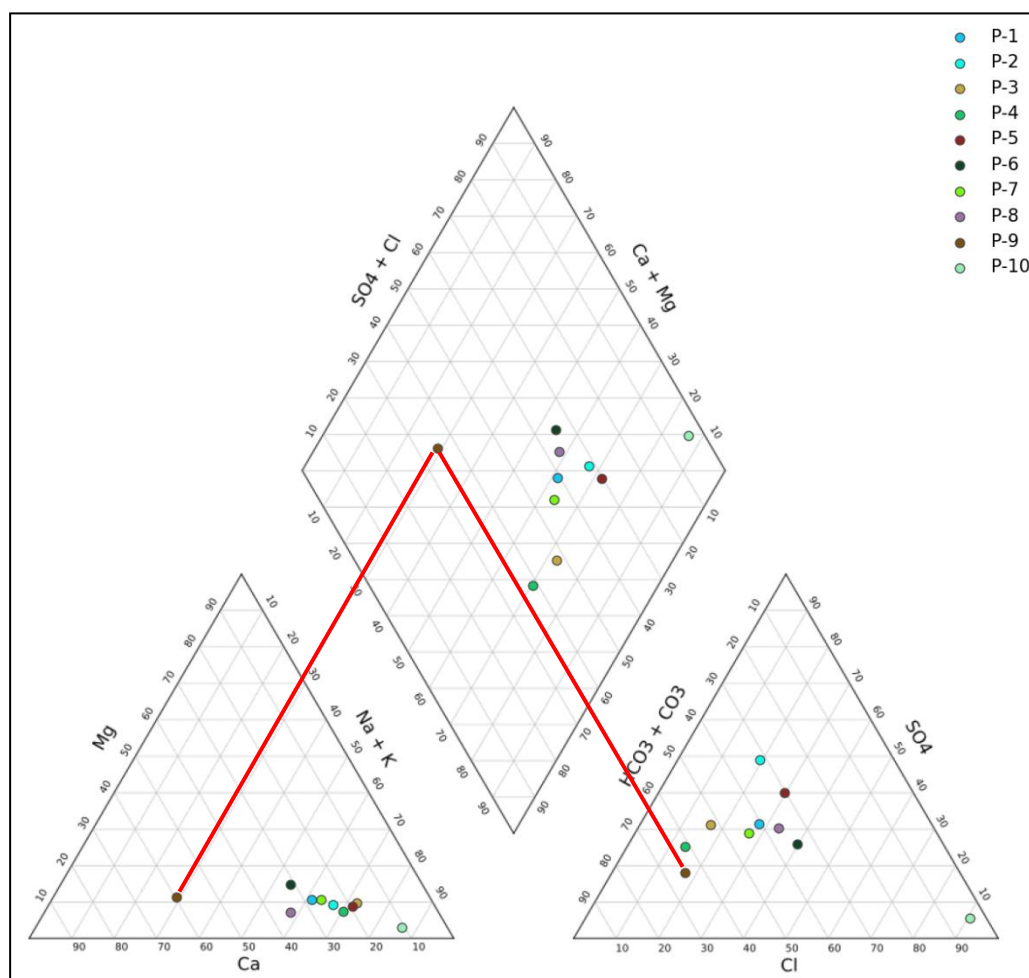
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Puerto Arturo (P-9) ubicado en el distrito de Reque se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 61.26mg/L; la de cloruro, un valor de 53.45mg/L; y la de sulfato, un valor de 77.69mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores se encuentran dentro de los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo cálcica y según el catión, es de tipo bicarbonatada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas bicarbonatada cálcica y/o magnésica.

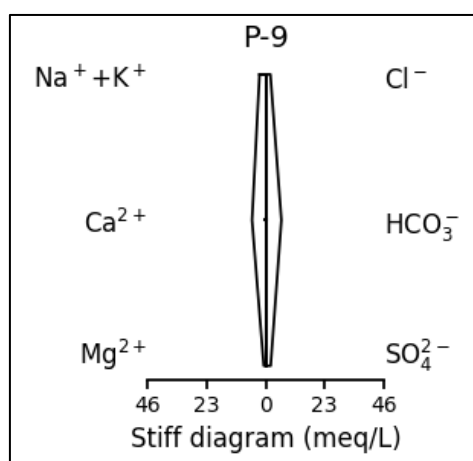
Gráfico 18: Diagrama de Piper del Pozo Puerto Arturo (P-9).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Puerto Arturo (P-9) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 19: Diagrama de Stiff del Pozo Puerto Arturo (P-9).



Fuente: Propia.

Caracterización Hidrogeoquímica Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10)

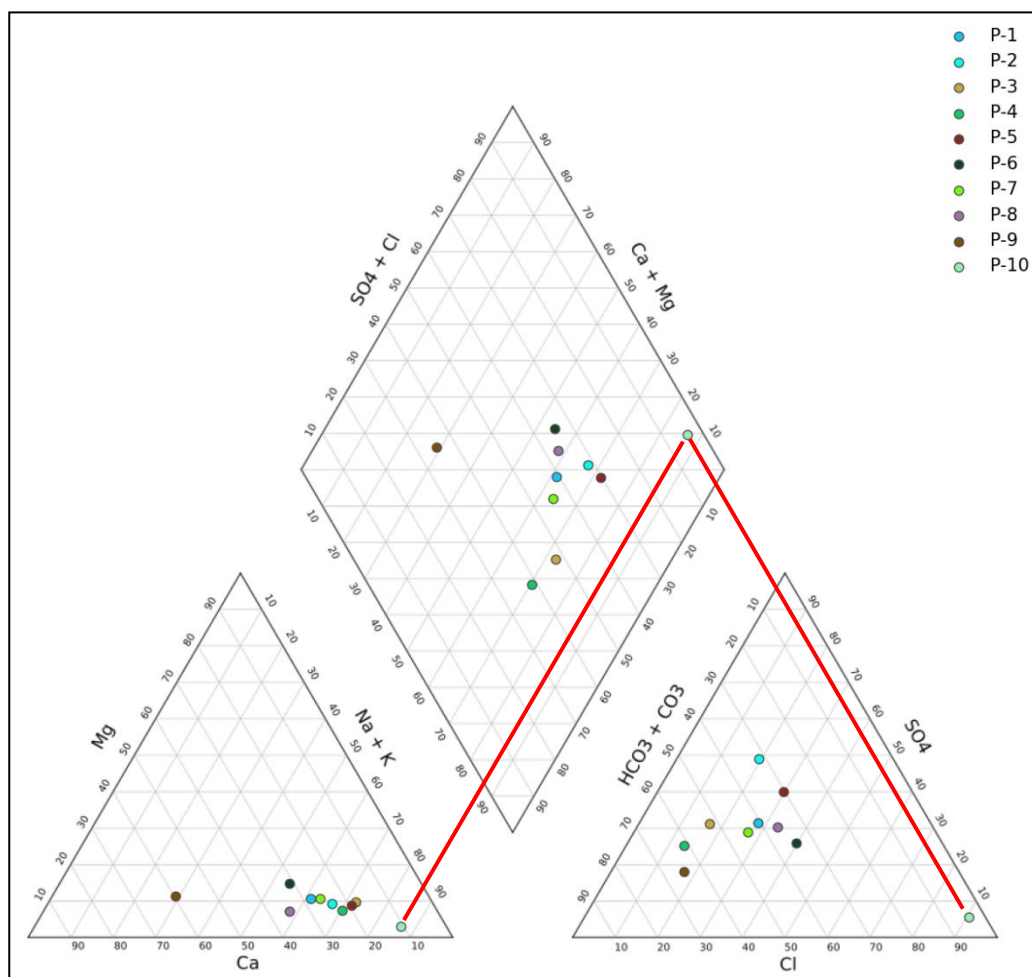
Los resultados de las características químicas de la muestra correspondiente al Pozo Villa El Sol (P-10) ubicado en el distrito de Reque se muestran en la Tabla 5. Se verifica que la concentración de sodio presente en esta muestra tiene un valor de 997.77mg/L; la de cloruro, un valor de 1616.69mg/L; y la de sulfato, un valor de 136.28mg/L.

Según Reglamento D.S.031.2010., el sodio no debe presentar concentraciones mayores a 200mg/L, el cloruro y el sulfato no deben presentar concentraciones mayores a 250mg/L.

Por ende, los valores de sodio y cloruro exceden significativamente los LMP.

Con los datos de la Tabla 6 y Tabla 7 se elaboró el Diagrama de Piper, donde se evidencia que, según el catión que predomina, la muestra es de tipo sódica y según el catión, es de tipo clorurada. Finalmente, se evidencia que la muestra pertenece a la familia de las aguas clorurada y/o sulfatada sódica.

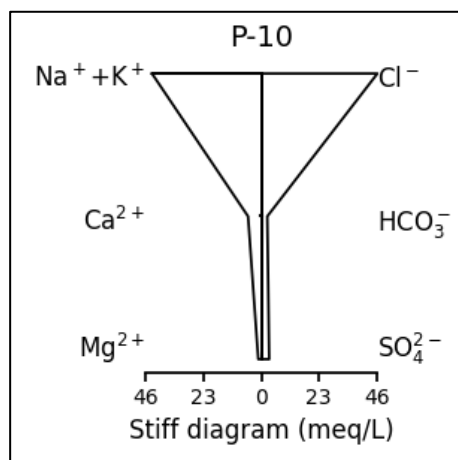
Gráfico 20: Diagrama de Piper del Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10).



Fuente: Propia.

El diagrama de Stiff para el Pozo Puerto Ampliación Villa El Sol (P-10) permite apreciar de manera gráfica la variación de la relación entre cationes y aniones presentes en el agua subterránea.

Gráfico 21: Diagrama de Stiff del Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10).



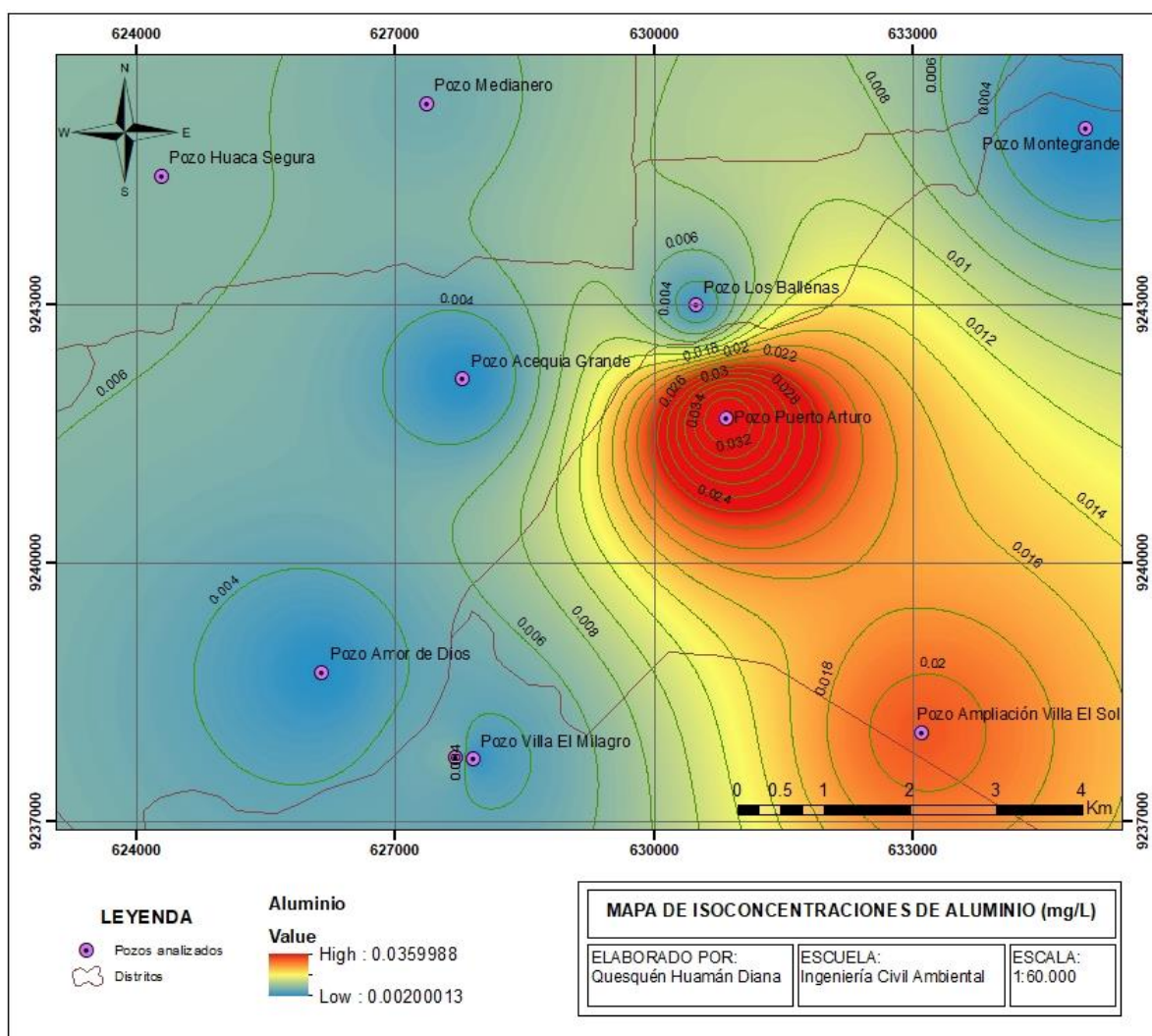
Fuente: Propia.

Para realizar los mapas de isoconcentraciones de agua subterránea se consideraron los parámetros indicados en la Tabla 4 con los datos obtenidos en el laboratorio para cada muestra analizada.

Aluminio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de aluminio. Se puede observar en la Figura 8 que, los valores de aluminio se encuentran en el rango de 0.036 mg/L y 0.002 mg/L en la zona en estudio.

Figura 8: Mapa de isoconcentraciones de aluminio.

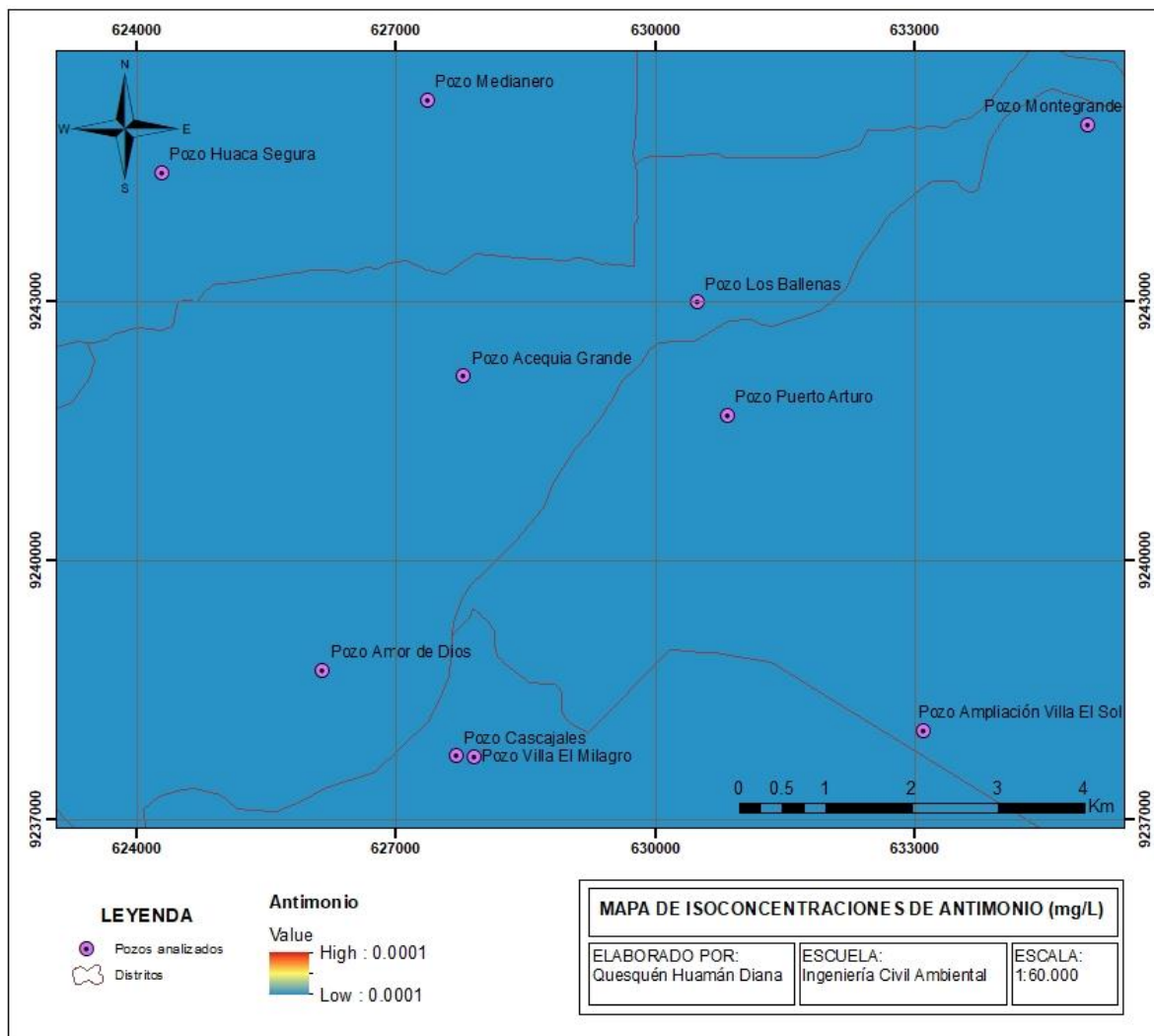


Fuente: Propia.

Antimonio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de antimonio. Se puede observar en la Figura 9 que, los valores de antimonio se mantienen en un valor constante de 0.0001mg/L en la zona en estudio.

Figura 9: Mapa de isoconcentraciones de antimonio.

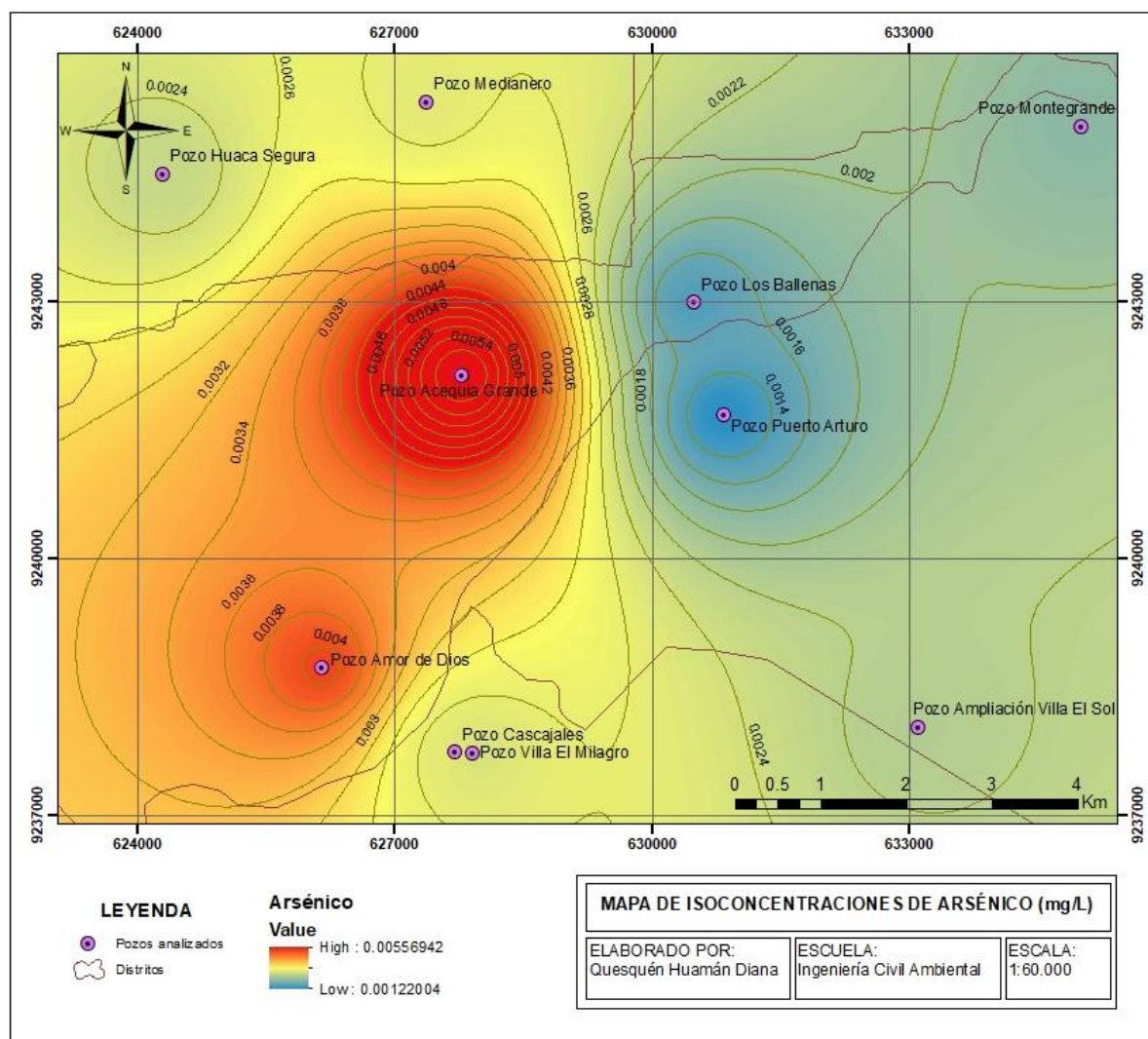


Fuente: Propia.

Arsénico

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de arsénico. Se puede observar en la Figura 10 que, los valores de arsénico se encuentran en el rango de 0.0056 mg/L y 0.0012 mg/L en la zona en estudio.

Figura 10: Mapa de isoconcentraciones de arsénico.

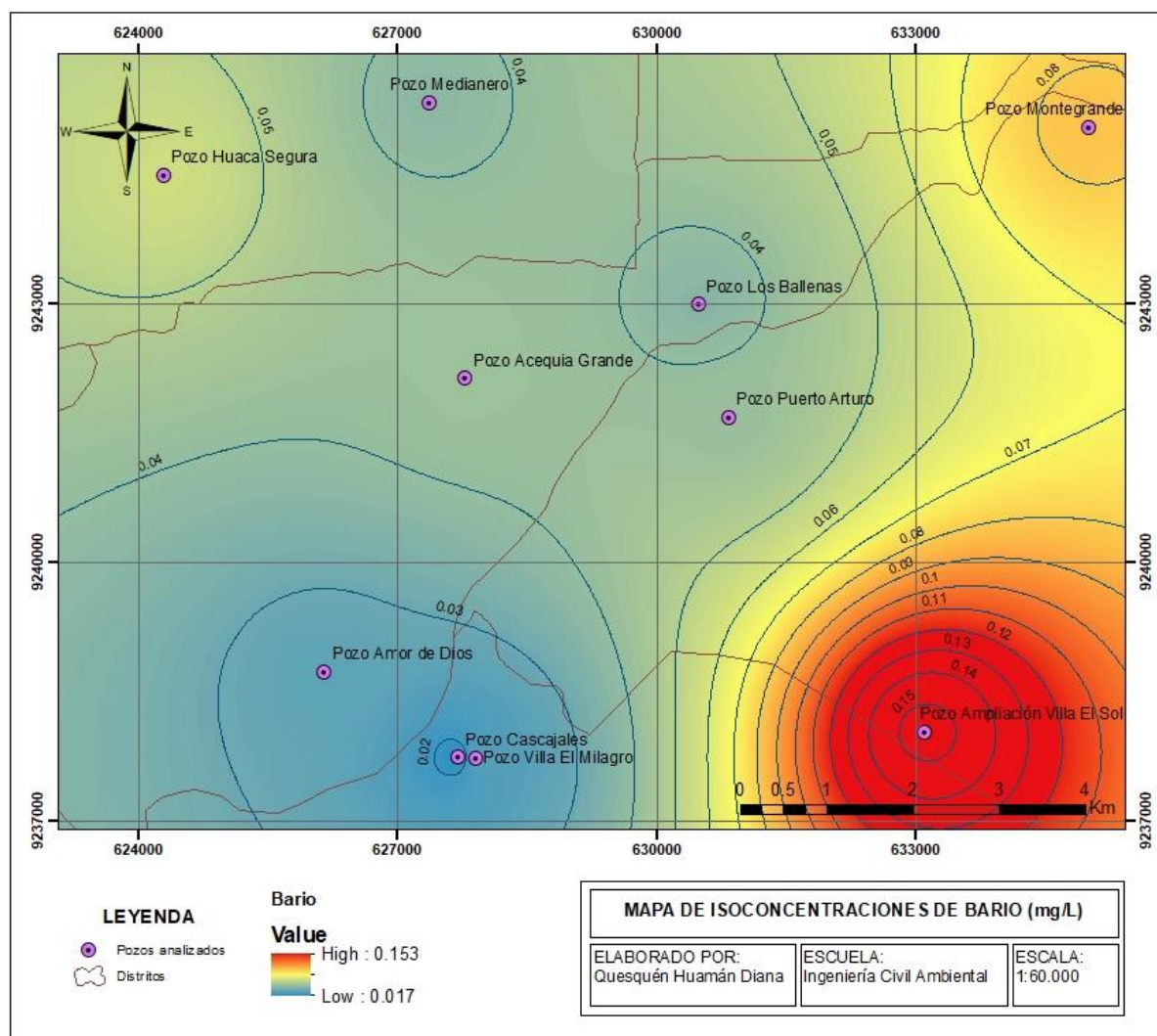


Fuente: Propia.

Bario

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de bario. Se puede observar en la Figura 11 que, los valores de bario se encuentran en el rango de 0.153 mg/L y 0.017 mg/L en la zona en estudio.

Figura 11: Mapa de isoconcentraciones de bario.

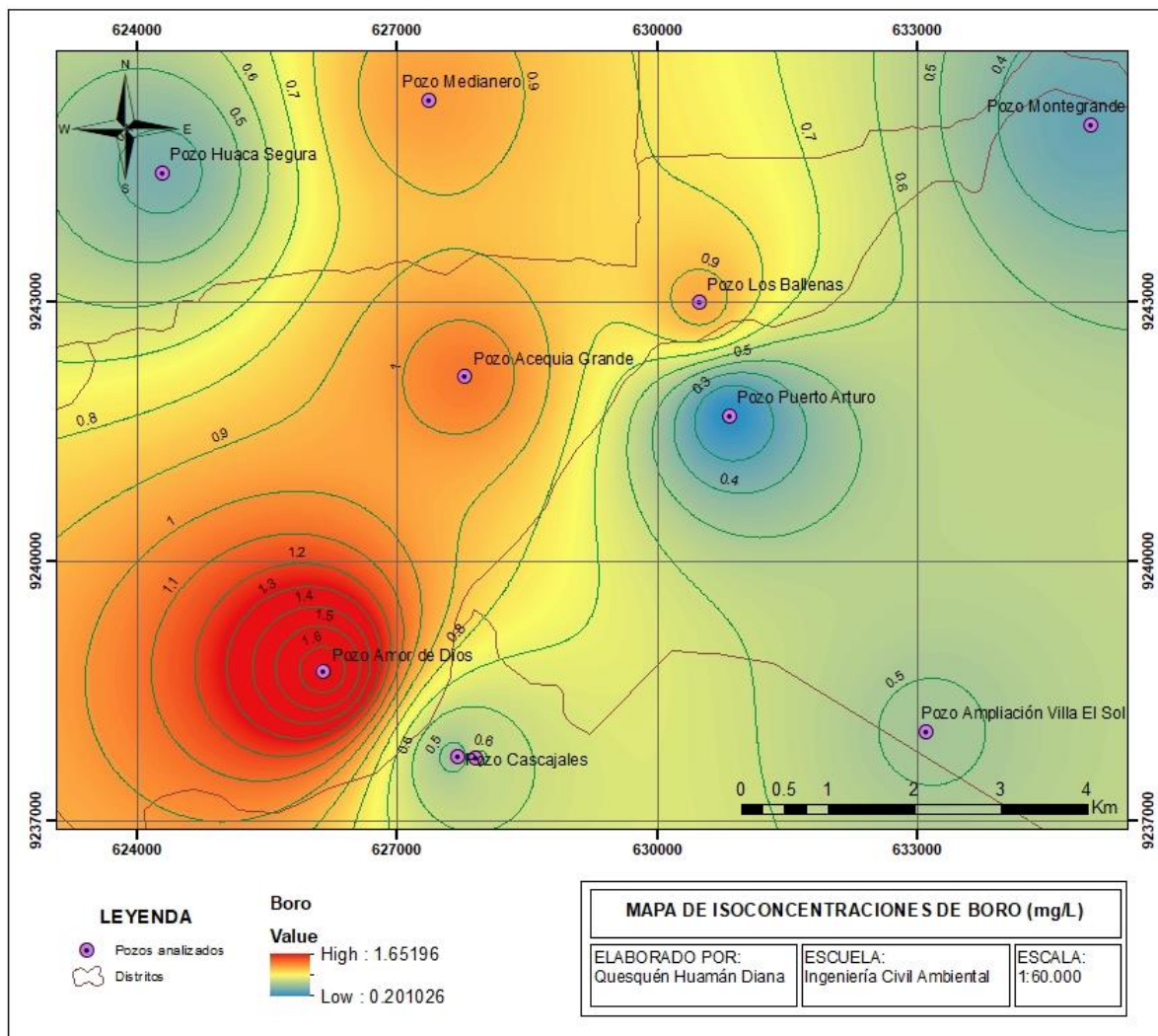


Fuente: Propia.

Boro

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de boro. Se puede observar en la Figura 12 que, los valores de boro se encuentran en el rango de 1.652 mg/L y 0.201 mg/L en la zona en estudio.

Figura 12: Mapa de isoconcentraciones de boro.

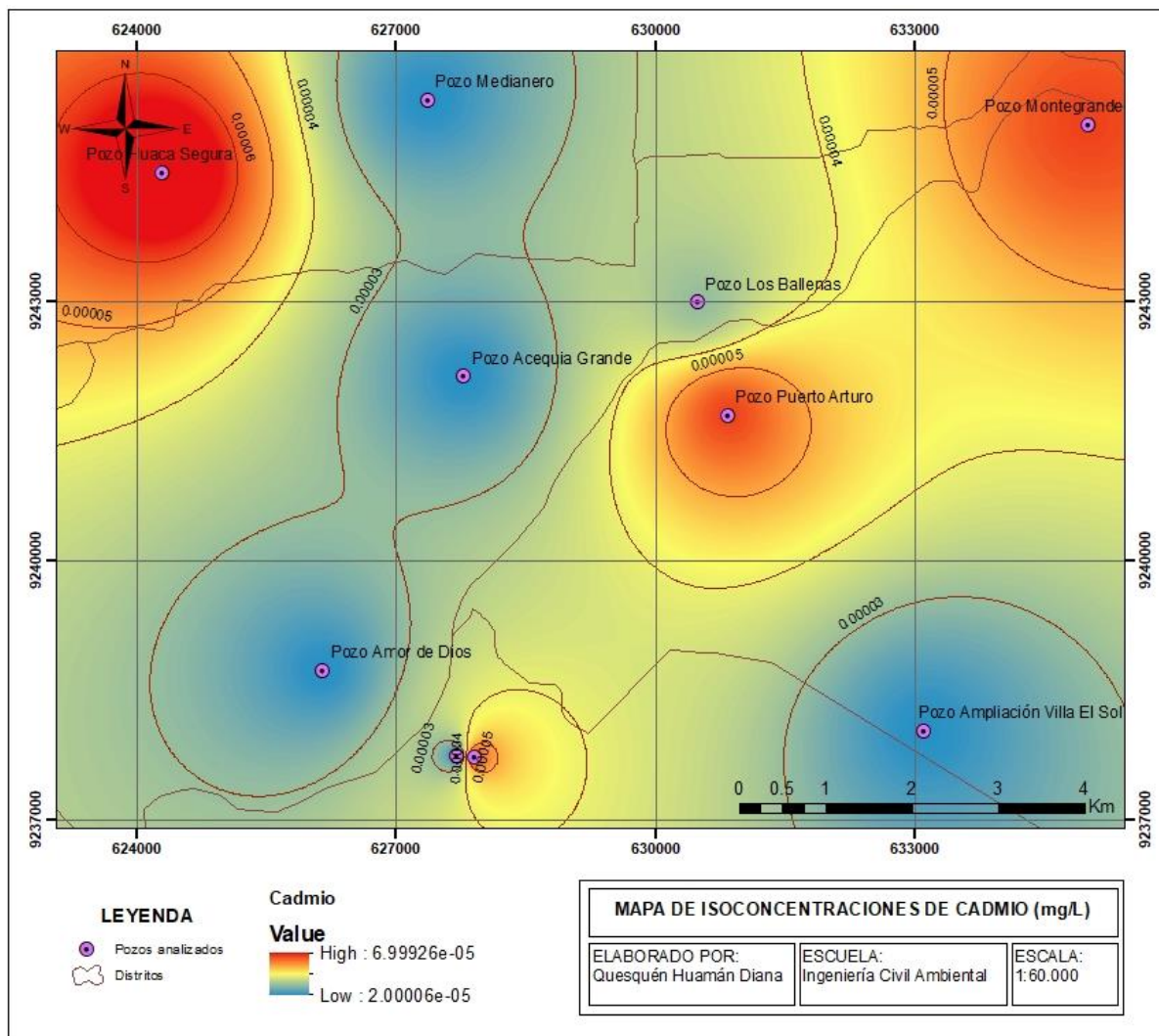


Fuente: Propia.

Cadmio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de cadmio. Se puede observar en la Figura 13 que, los valores de cadmio se encuentran en el rango de 0.00007 mg/L y 0.00002 mg/L en la zona en estudio.

Figura 13: Mapa de isoconcentraciones de cadmio.

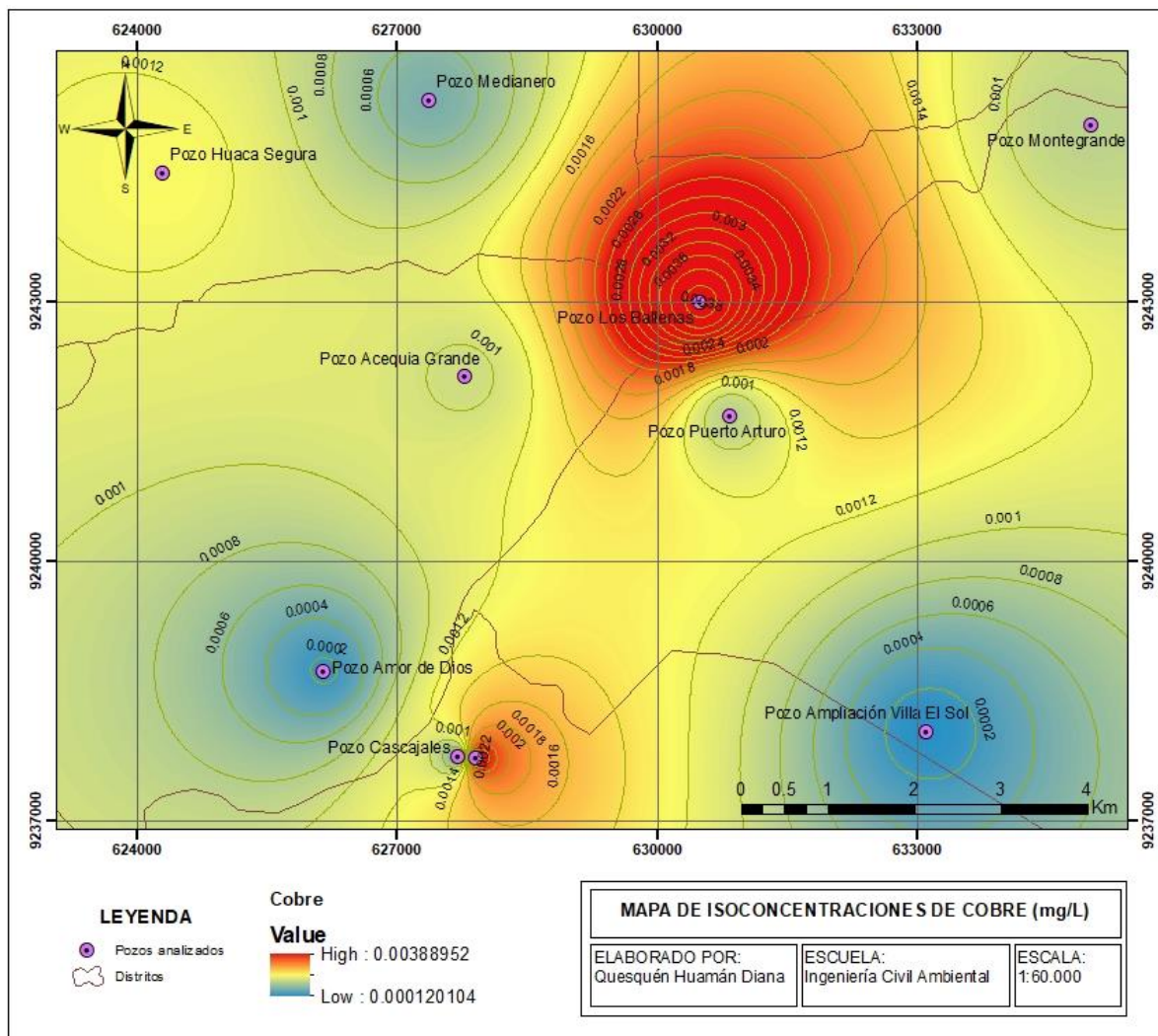


Fuente: Propia.

Cobre

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de cobre. Se puede observar en la Figura 14 que, los valores de cobre se encuentran en el rango de 0.0039 mg/L y 0.0001 mg/L en la zona en estudio.

Figura 14: Mapa de isoconcentraciones de cobre.

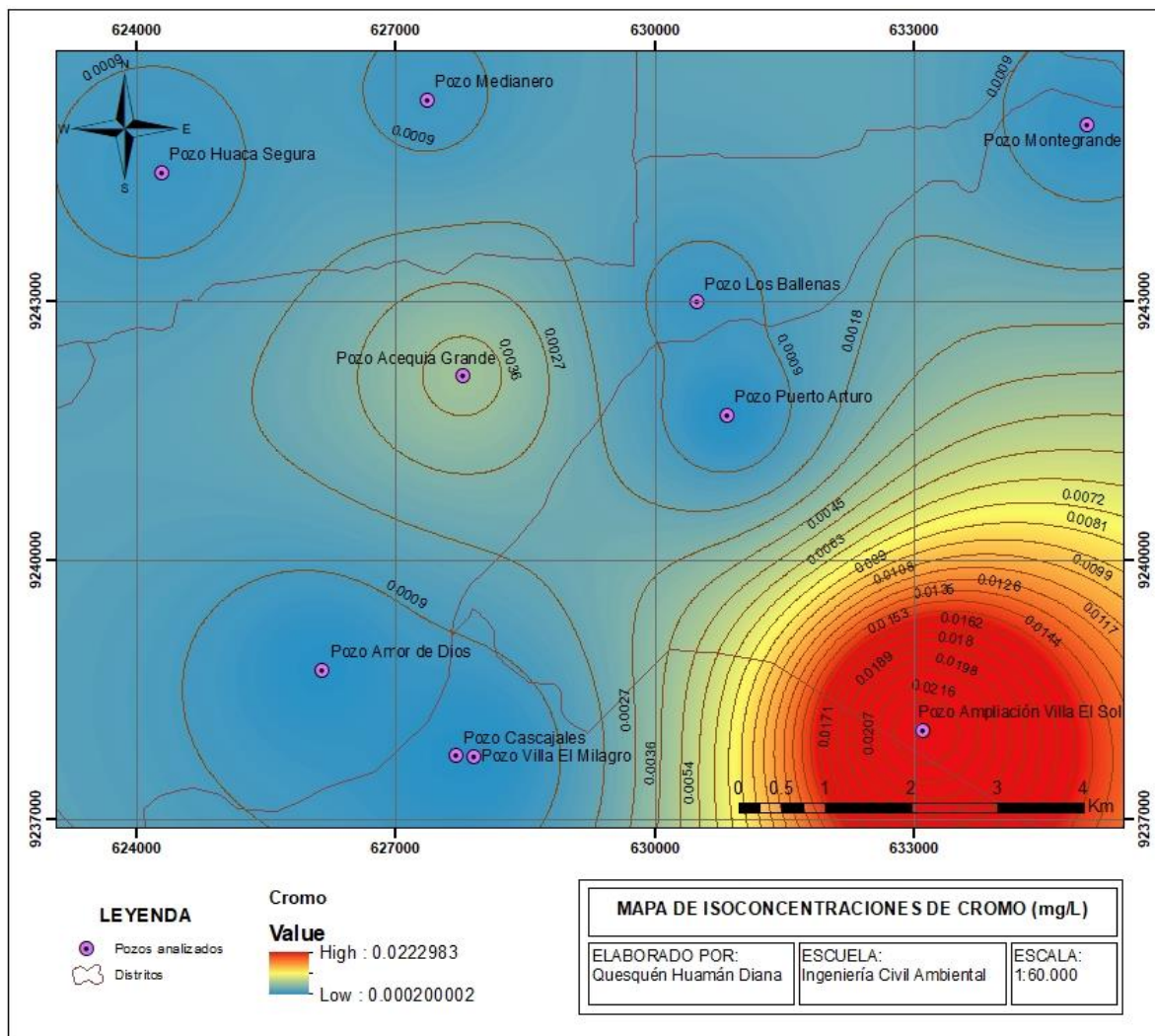


Fuente: Propia.

Cromo

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de cromo. Se puede observar en la Figura 15 que, los valores de cromo se encuentran en el rango de 0.0223 mg/L y 0.0002 mg/L en la zona en estudio.

Figura 15: Mapa de isoconcentraciones de cromo.

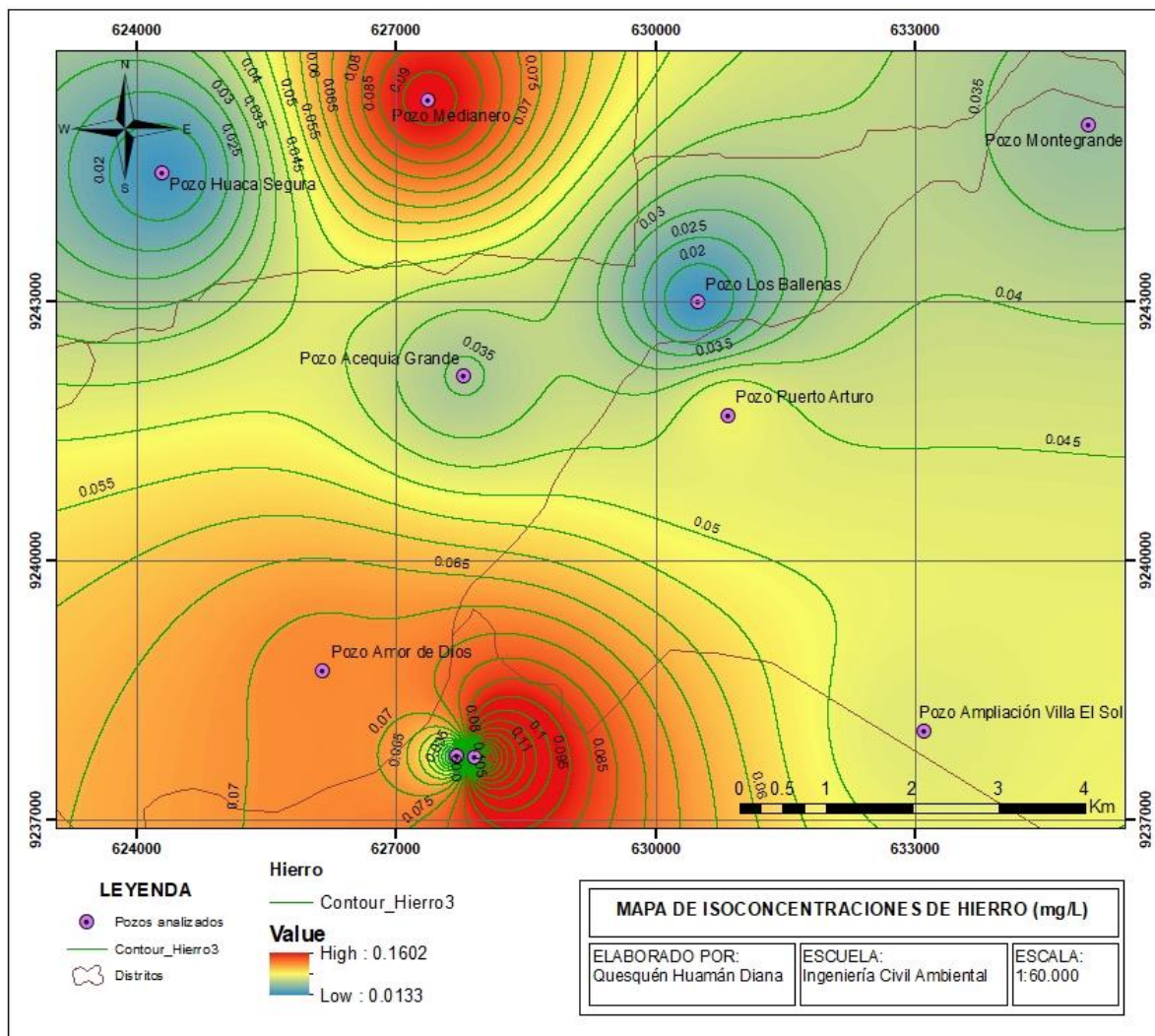


Fuente: Propia.

Hierro

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de hierro. Se puede observar en la Figura 16 que, los valores de hierro se encuentran en el rango de 0.1602 mg/L y 0.0133 mg/L en la zona en estudio.

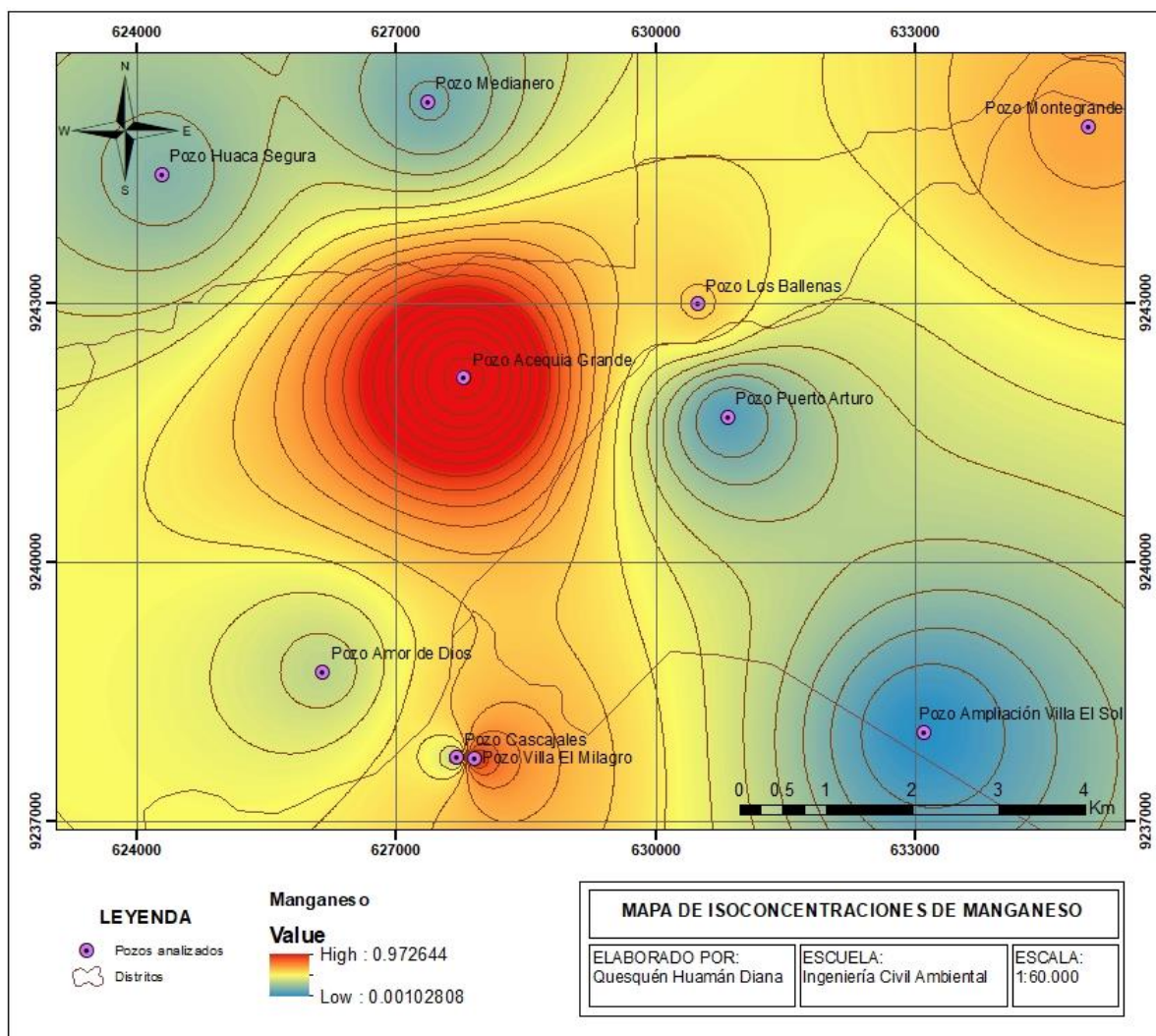
Figura 16: Mapa de isoconcentraciones de hierro.



Fuente: Propia.

Manganeso

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de manganeso. Se puede observar en la Figura 17 que, los valores de manganeso se encuentran en el rango de 0.973 mg/L y 0.001 mg/L en la zona en estudio.

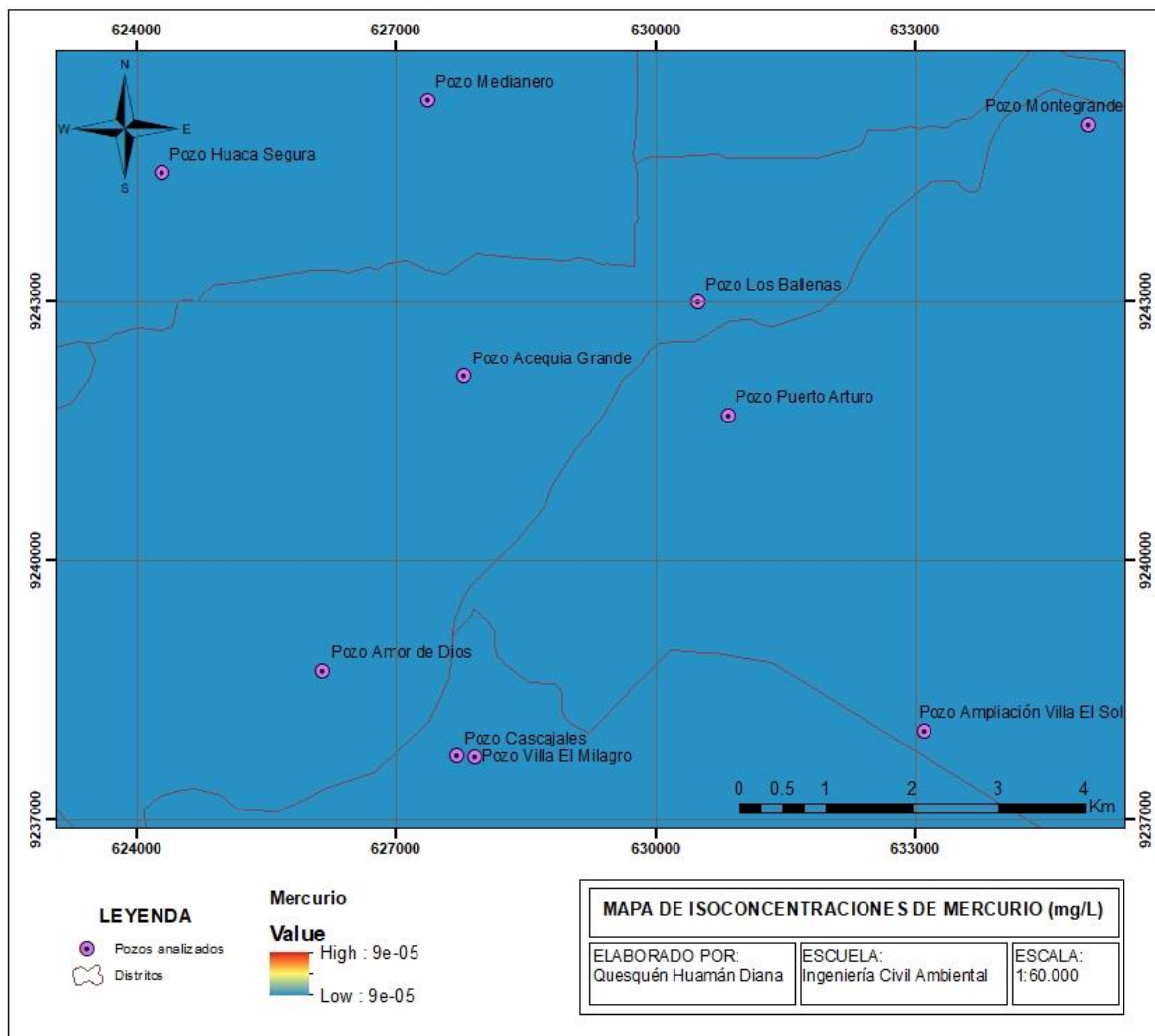


Fuente: Propia.

Mercurio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de mercurio. Se puede observar en la Figura 18 que, los valores de mercurio se mantienen en un valor constante de 0.00009mg/L en la zona en estudio.

Figura 17: Mapa de isoconcentraciones de mercurio.

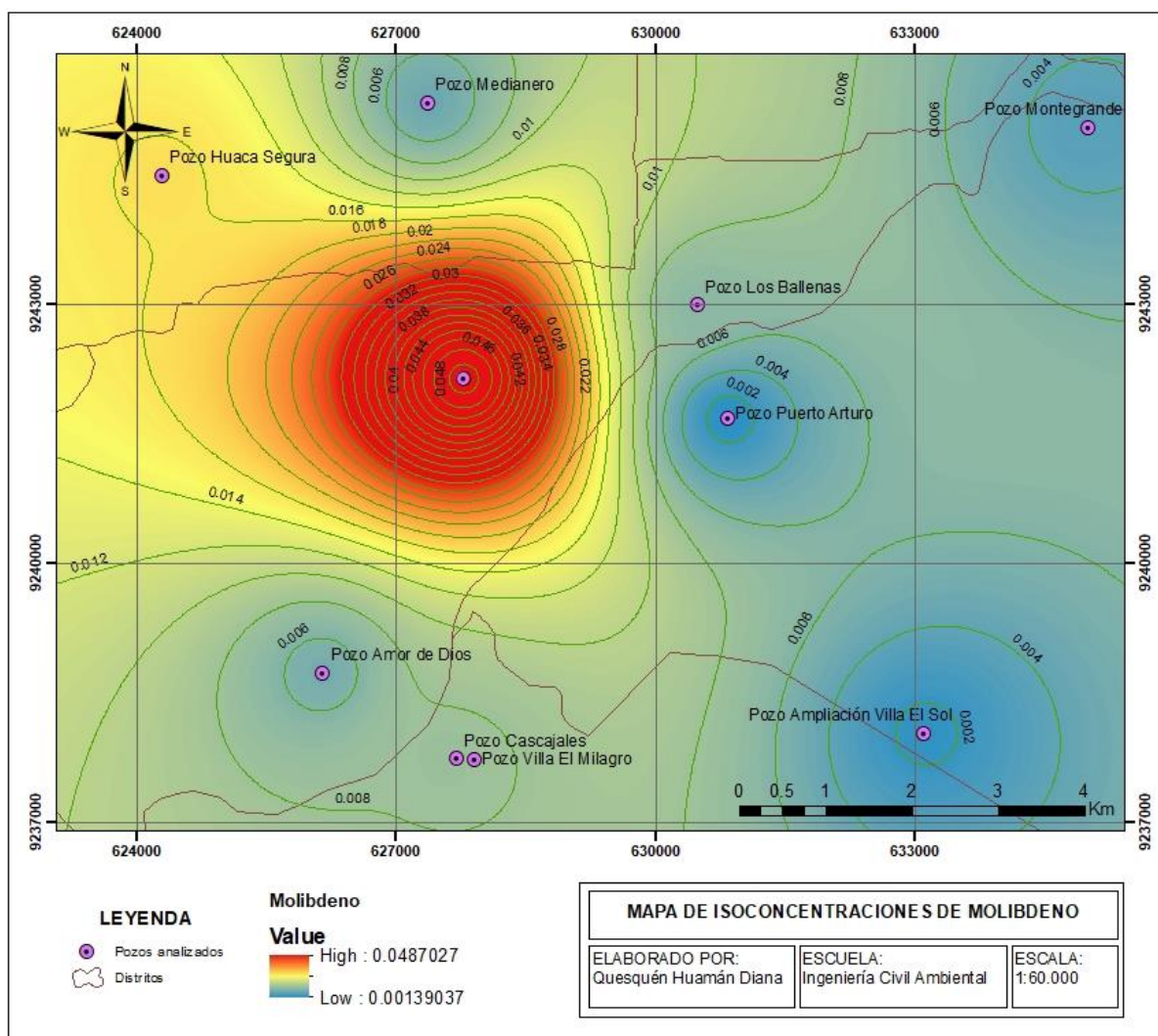


Fuente: Propia.

Molibdeno

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de molibdeno. Se puede observar en la Figura 19 que, los valores de molibdeno se encuentran en el rango de 0.0487 mg/L y 0.0014 mg/L en la zona en estudio.

Figura 18: Mapa de isoconcentraciones de molibdeno.

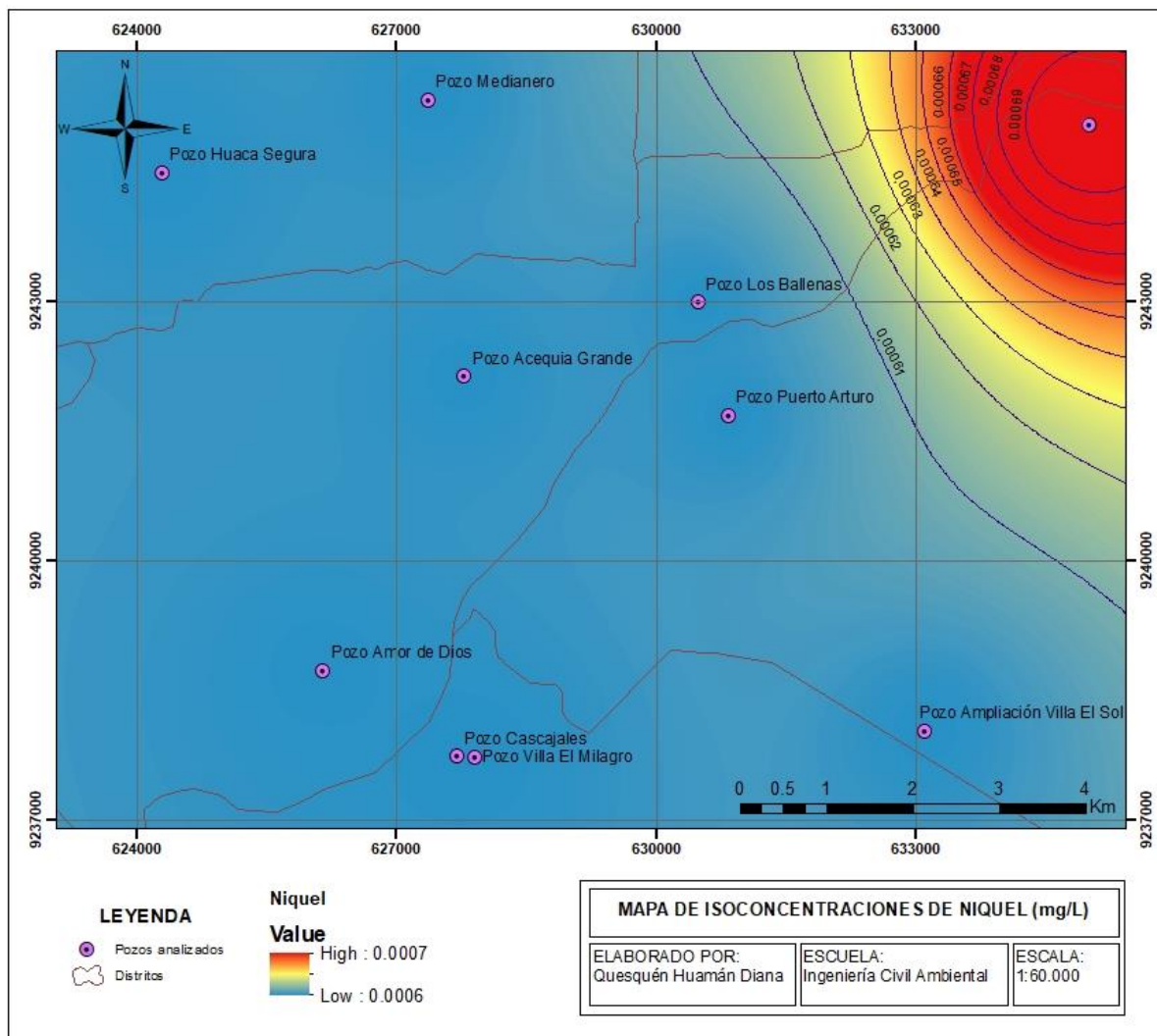


Fuente: Propia.

Níquel

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de níquel. Se puede observar en la Figura 20 que, los valores de níquel se encuentran en el rango de 0.0007 mg/L y 0.0006 mg/L en la zona en estudio.

Figura 19: Mapa de isoconcentraciones de níquel.

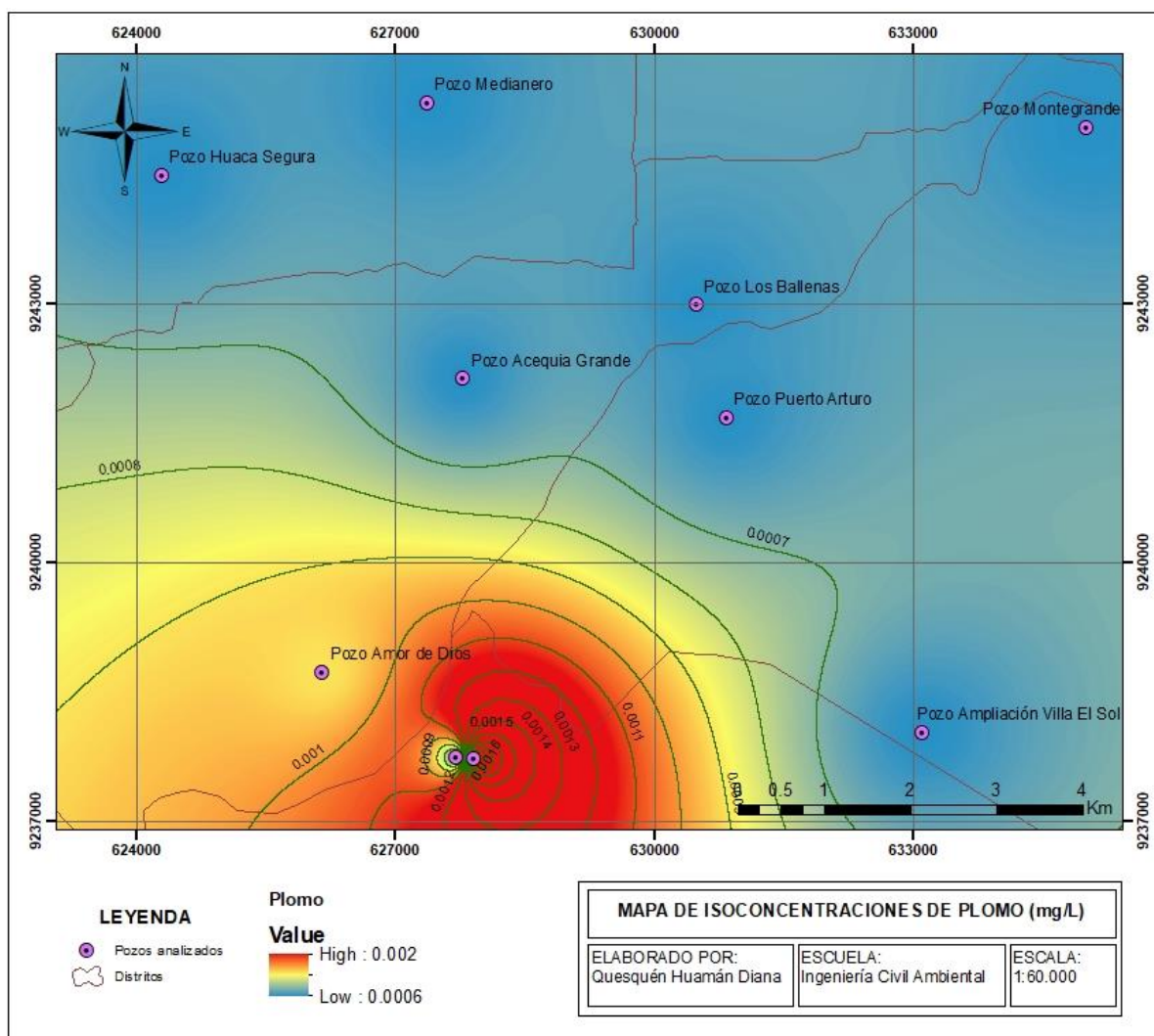


Fuente: Propia.

Plomo

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de plomo. Se puede observar en la Figura 21 que, los valores de plomo se encuentran en el rango de 0.002 mg/L y 0.0006 mg/L en la zona en estudio.

Figura 20: Mapa de isoconcentraciones de plomo.

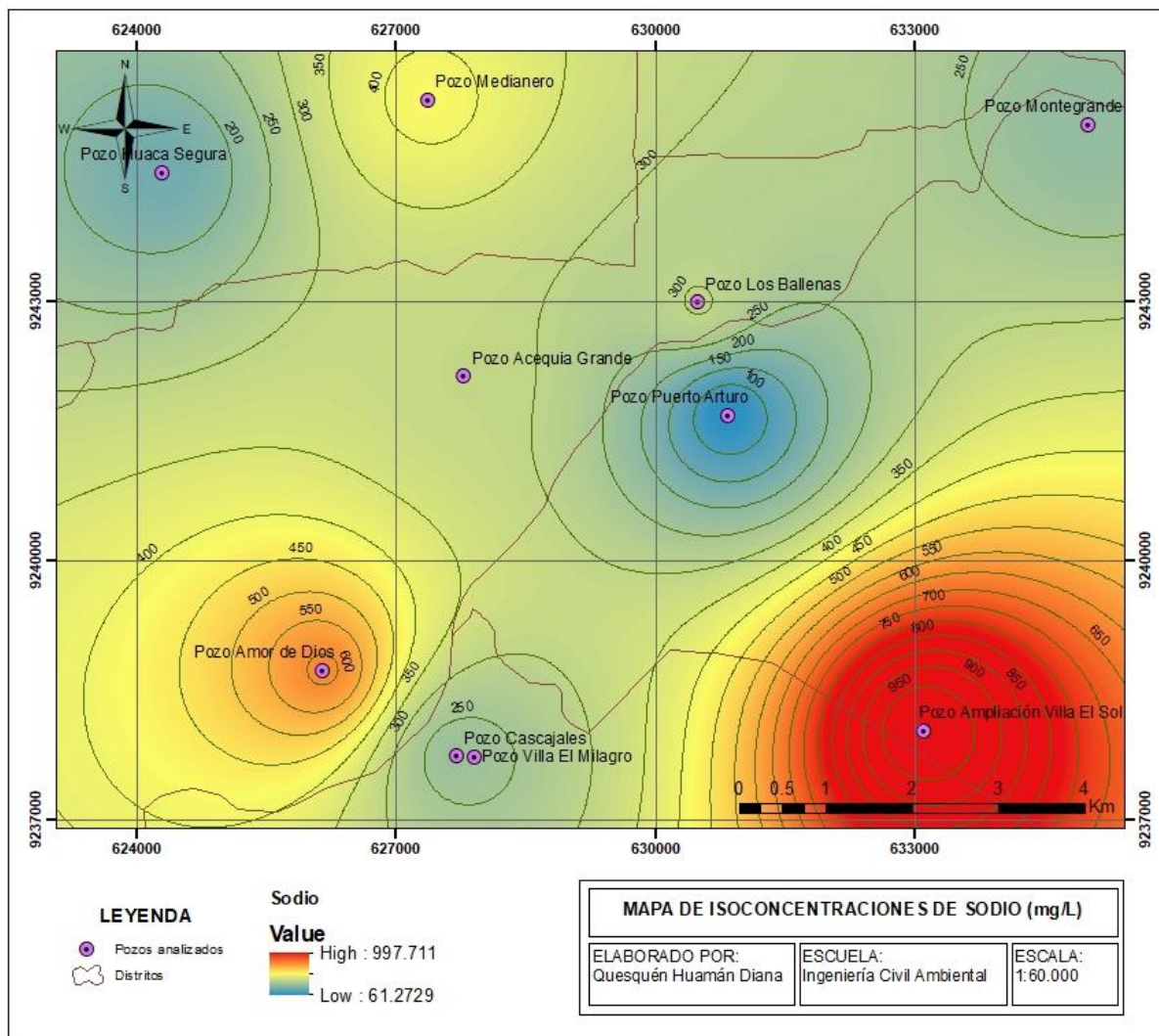


Fuente: Propia.

Sodio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de sodio. Se puede observar en la Figura 22 que, los valores de sodio se encuentran en el rango de 997.71 mg/L y 61.27 mg/L en la zona en estudio.

Figura 21: Mapa de isoconcentraciones de sodio.

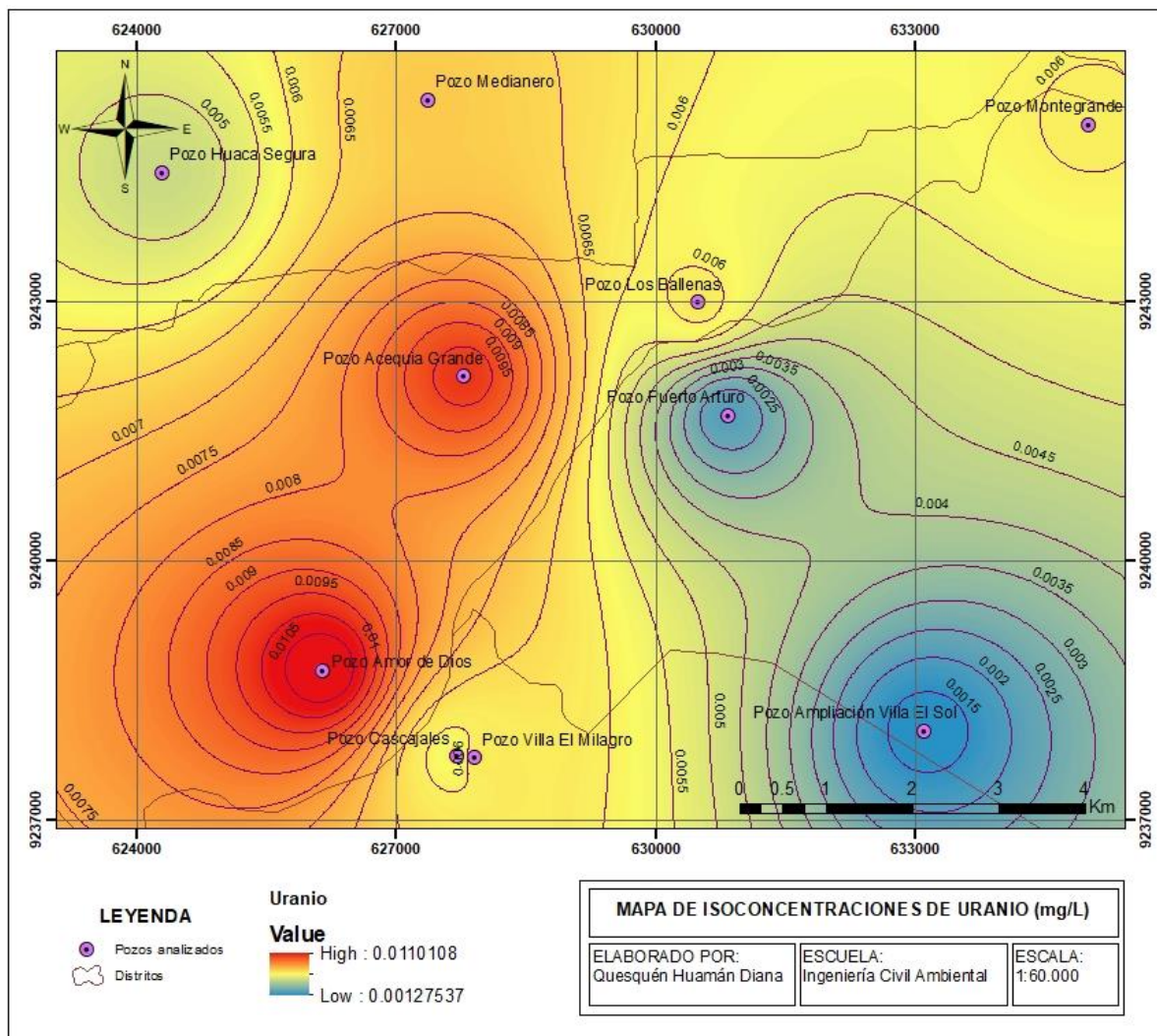


Fuente: Propia.

Uranio

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de uranio. Se puede observar en la Figura 23 que, los valores de uranio se encuentran en el rango de 0.011 mg/L y 0.0013 mg/L en la zona en estudio.

Figura 22: Mapa de isoconcentraciones de uranio.

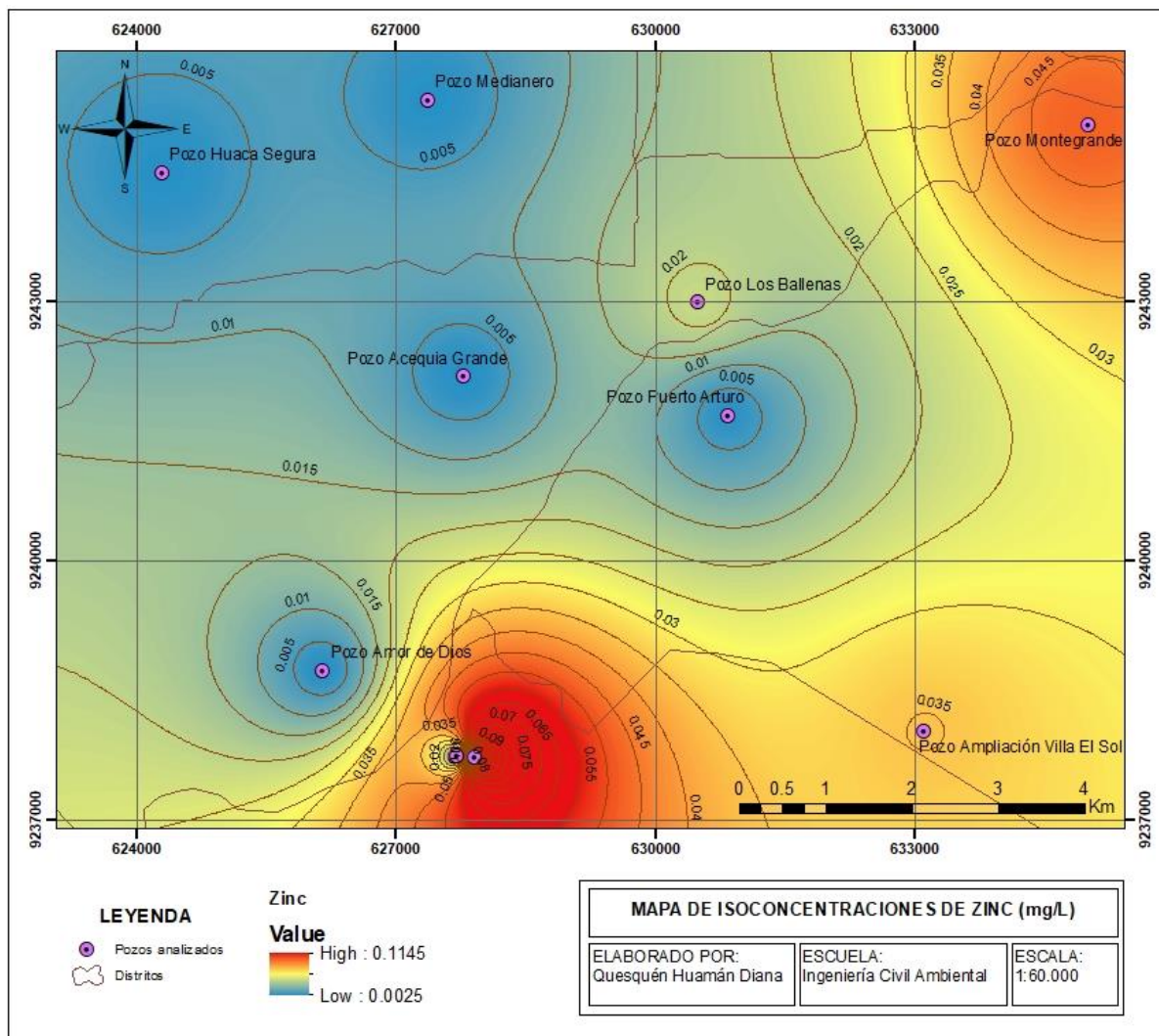


Fuente: Propia.

Zinc

Según los resultados de laboratorio obtenidos, mostrados en la Tabla 5, se elaboró un mapa de isoconcentraciones de zinc. Se puede observar en la Figura 24 que, los valores de zinc se encuentran en el rango de 0.1145 mg/L y 0.0025 mg/L en la zona en estudio.

Figura 23: Mapa de isoconcentraciones de zinc.



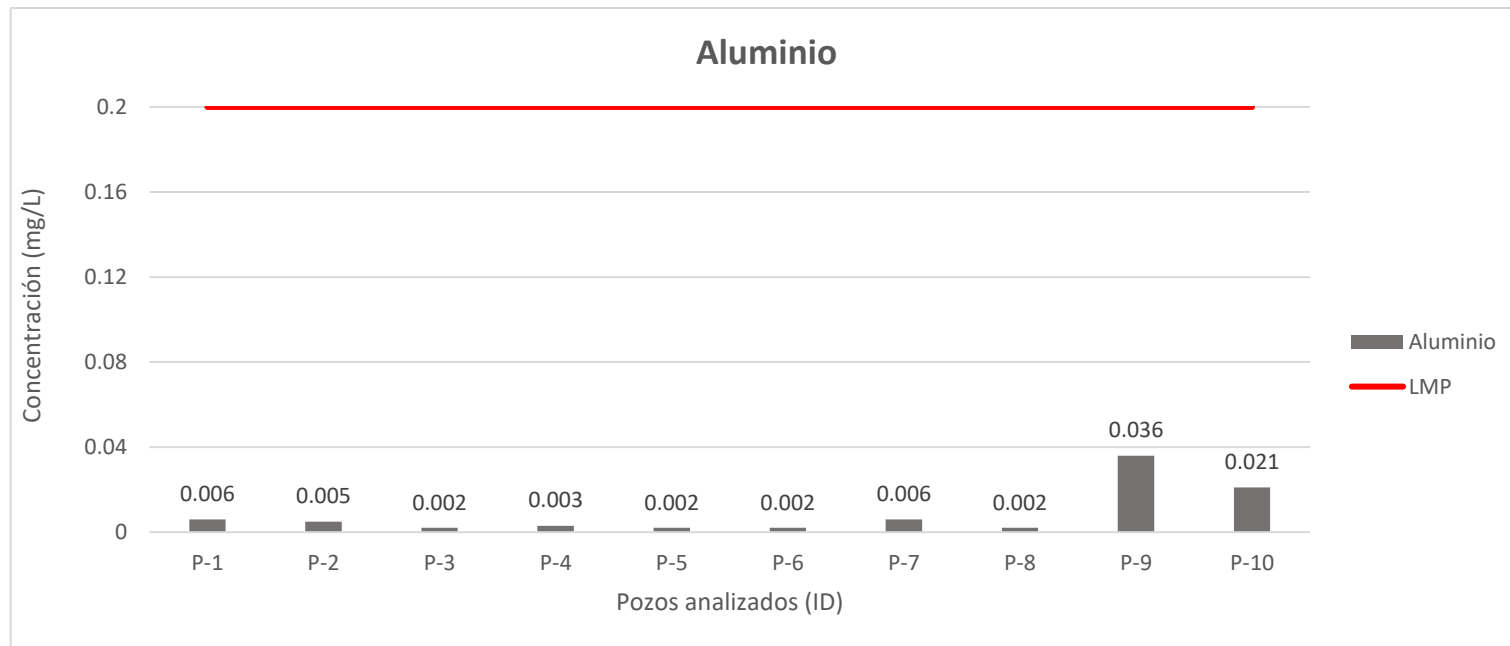
Fuente: Propia.

Para verificar el cumplimiento de los parámetros mínimos de la calidad del agua según normativa se realizaron gráficas de barras en las cuales se analizan los metales pesados indicados en la Tabla 4.

Aluminio

El LMP del aluminio, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.2 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.036mg/L correspondiente al Pozo Puerto Arturo (P-9) ubicado en el distrito de Reque.

Gráfico 22: Contenido de aluminio en las muestras analizadas.

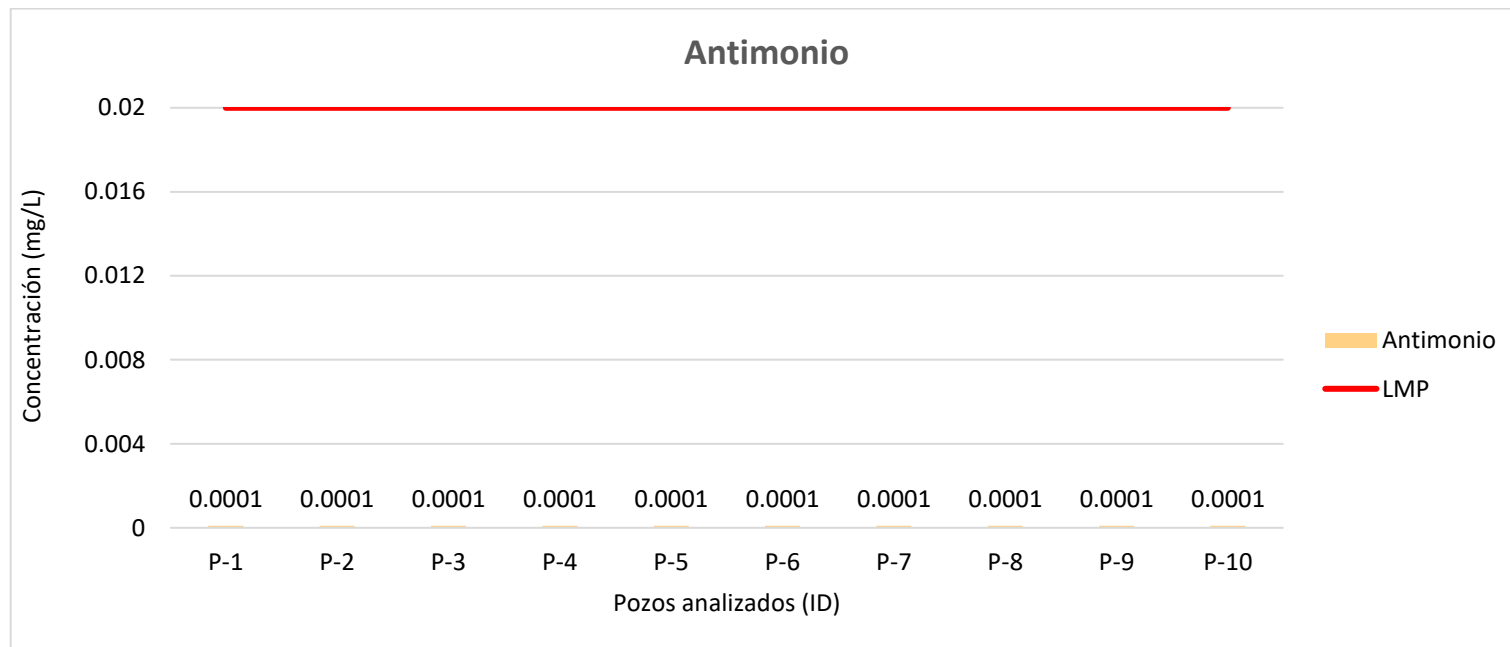


Fuente: Propia.

Antimonio

El LMP del antimonio, según Reglamento - D.S.031.2010, es de 0.02 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. En todas las muestras se registra un valor $<0.00013\text{mg/L}$.

Gráfico 23: Contenido de antimonio en las muestras analizadas.

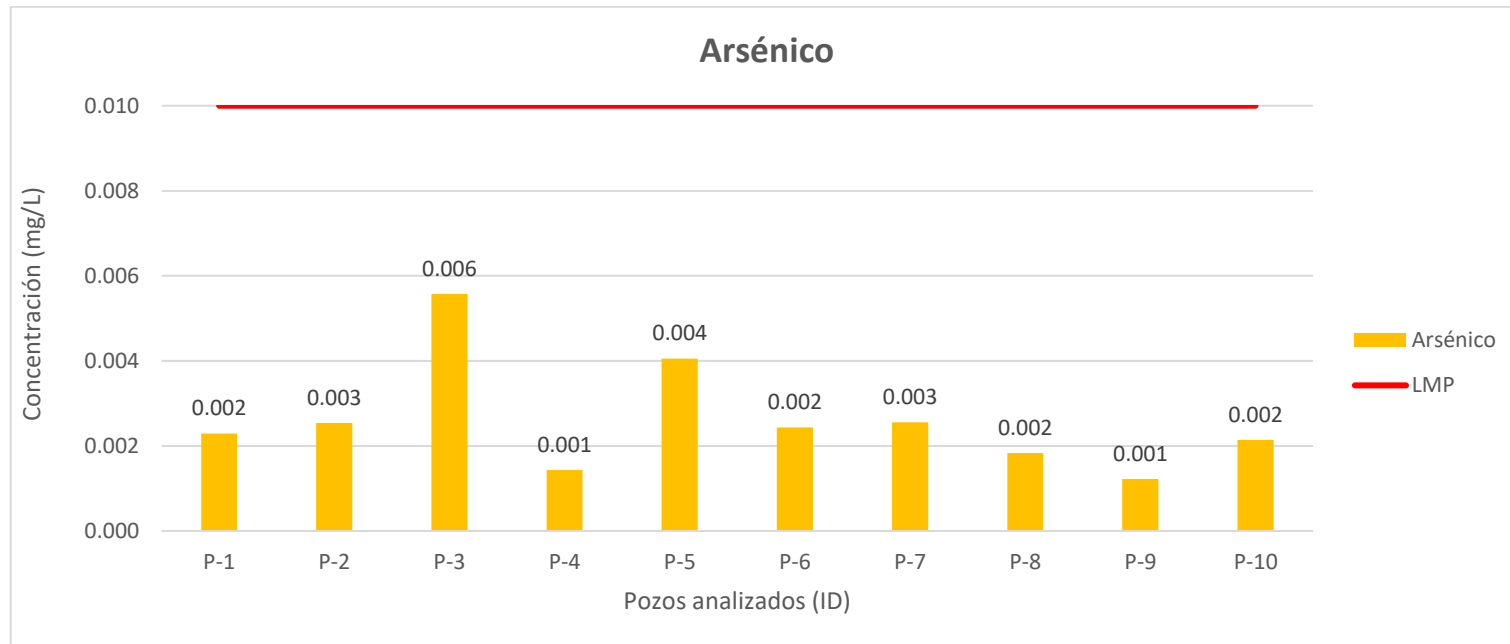


Fuente: Propia.

Arsénico

El LMP del arsénico, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.01 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.006 mg/L correspondiente al Pozo Acequia Grande (P-3) ubicado en el distrito de Monsefú.

Gráfico 24: Contenido de arsénico en las muestras analizadas.

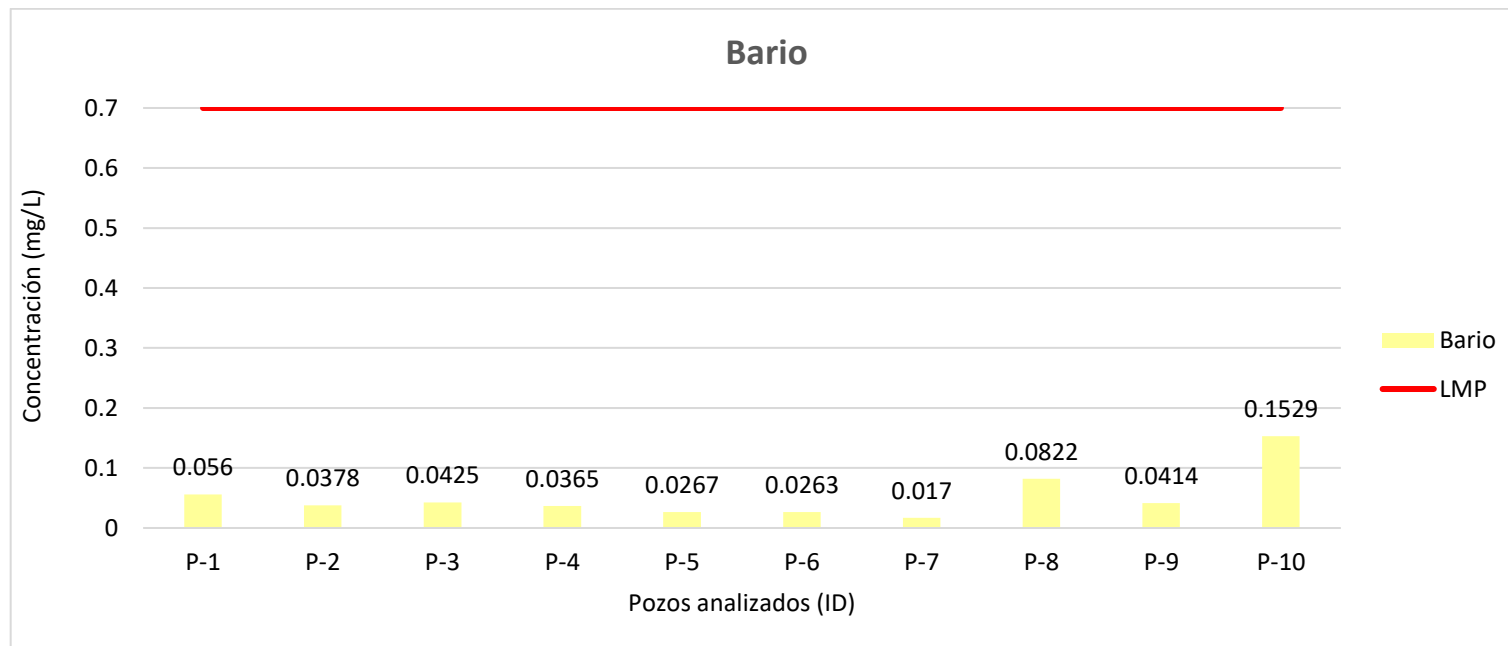


Fuente: Propia.

Bario

El LMP del bario, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.700 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.1529 mg/L correspondiente al Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10) ubicado en el distrito de Reque.

Gráfico 25: Contenido de bario en las muestras analizadas.

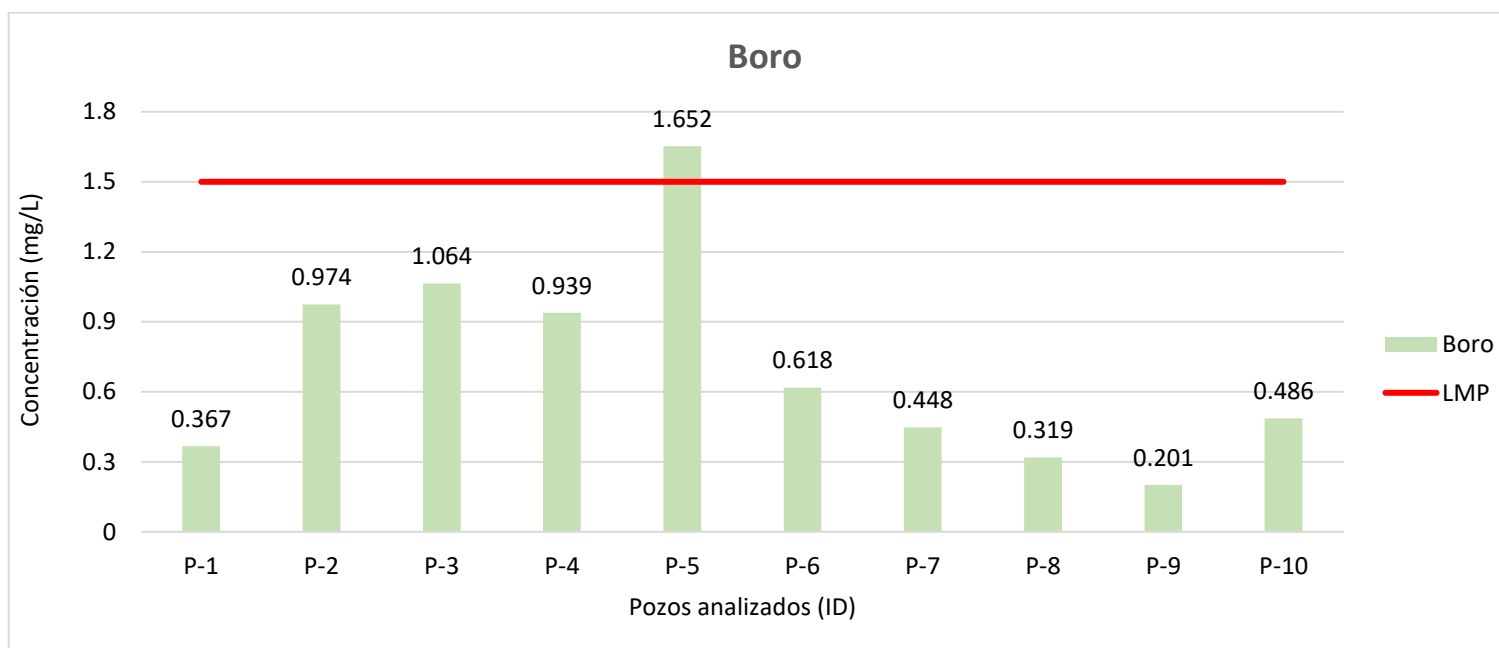


Fuente: Propia.

Boro

El LMP del boro, según Reglamento D.S.031.2010, es de 1.50 mg/L. Según los ensayos realizados la muestra que supera este límite es la correspondiente al Pozo Amor de Dios (P-5) ubicado en el distrito de Monsefú, con un valor de 1.65mg/L.

Gráfico 26: Contenido de boro en las muestras analizadas.

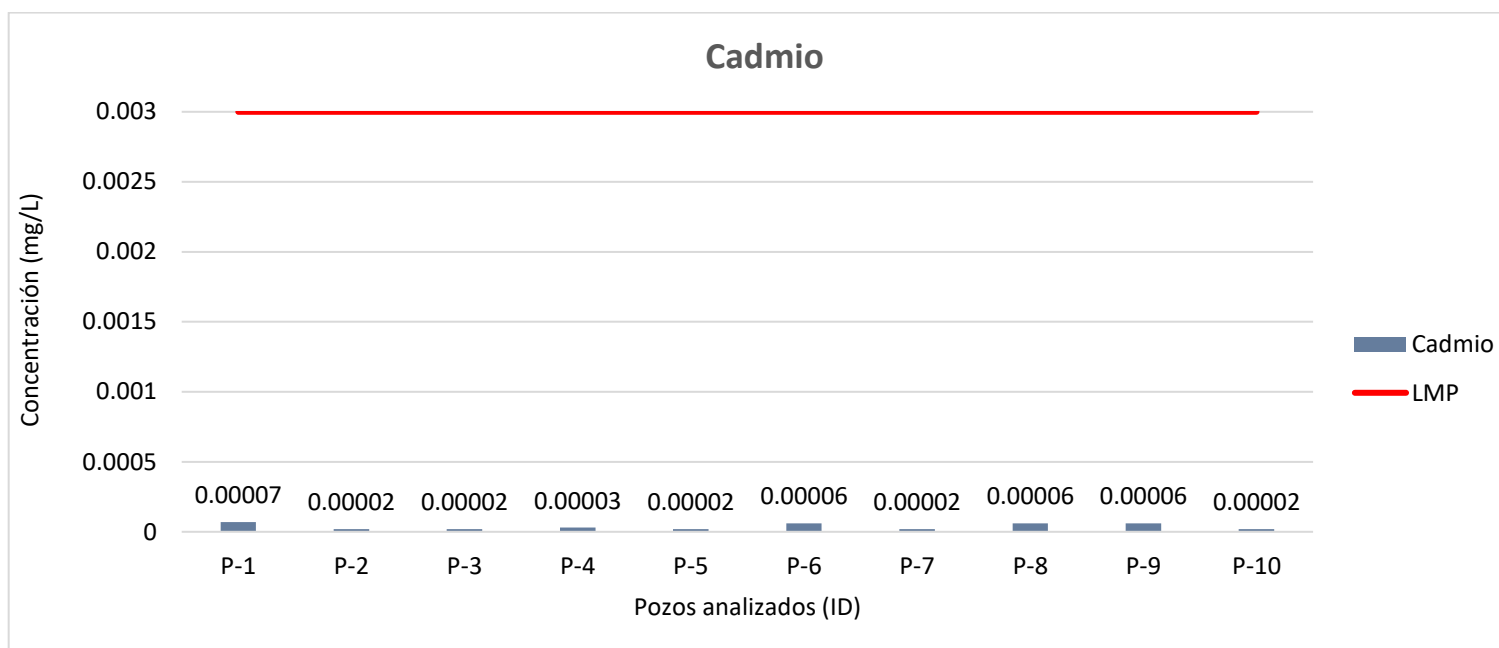


Fuente: Propia.

Cadmio

El LMP del cadmio, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.003 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa el valor de 0.00007mg/L.

Gráfico 27: Contenido de cadmio en las muestras analizadas.

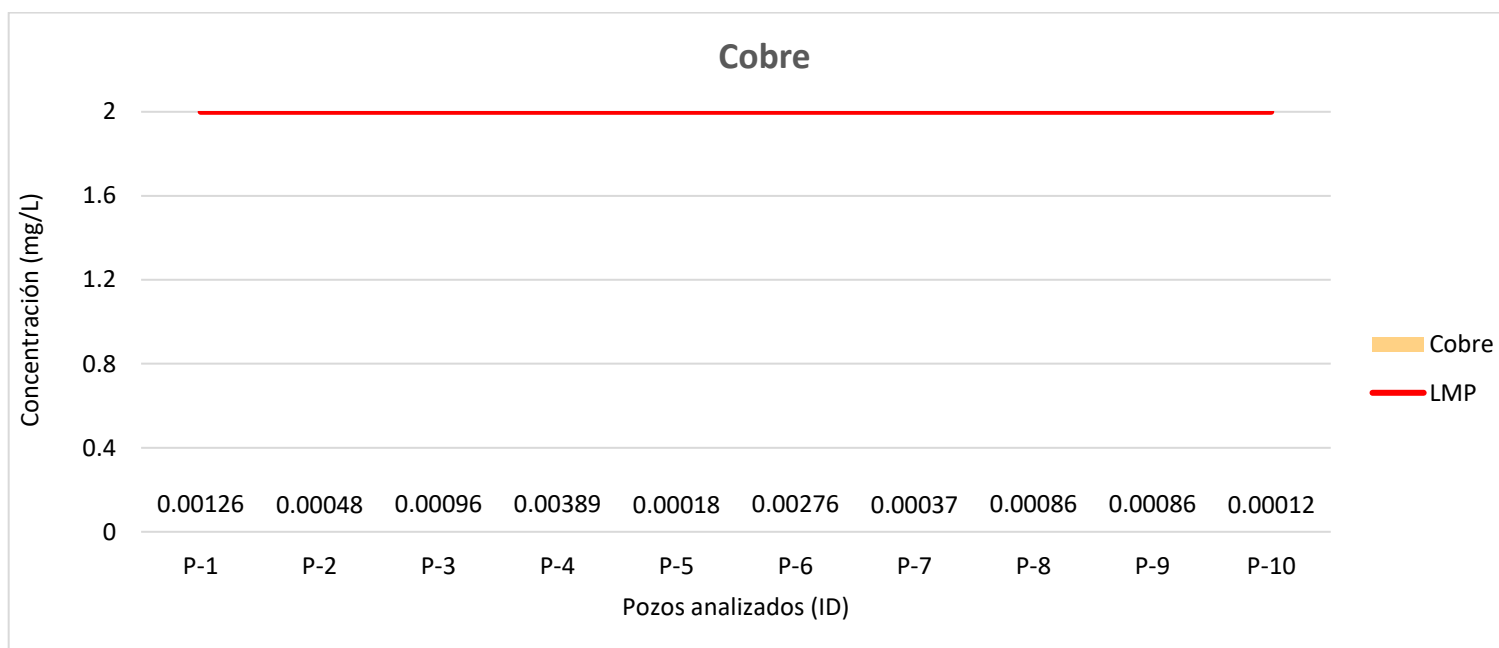


Fuente: Propia.

Cobre

El LMP del cobre, según Reglamento D.S.031.2010, es de 2.00 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.00389mg/L correspondiente al Pozo Los Ballenas (P-4) ubicado en el distrito de Monsefú.

Gráfico 28: Contenido de cobre en las muestras analizadas.

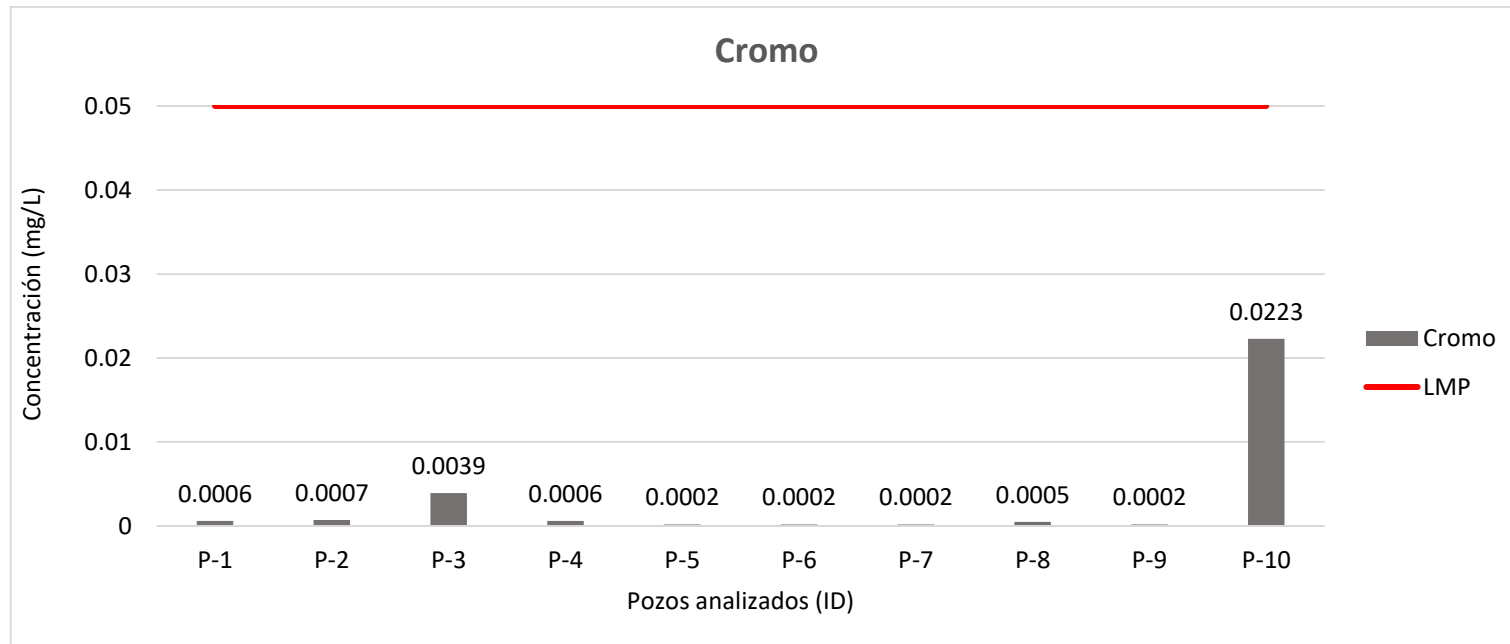


Fuente: Propia.

Cromo

El LMP del cromo, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.05 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.00223mg/L correspondiente al Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10) ubicado en el distrito de Reque.

Gráfico 29: Contenido de cromo en las muestras analizadas.

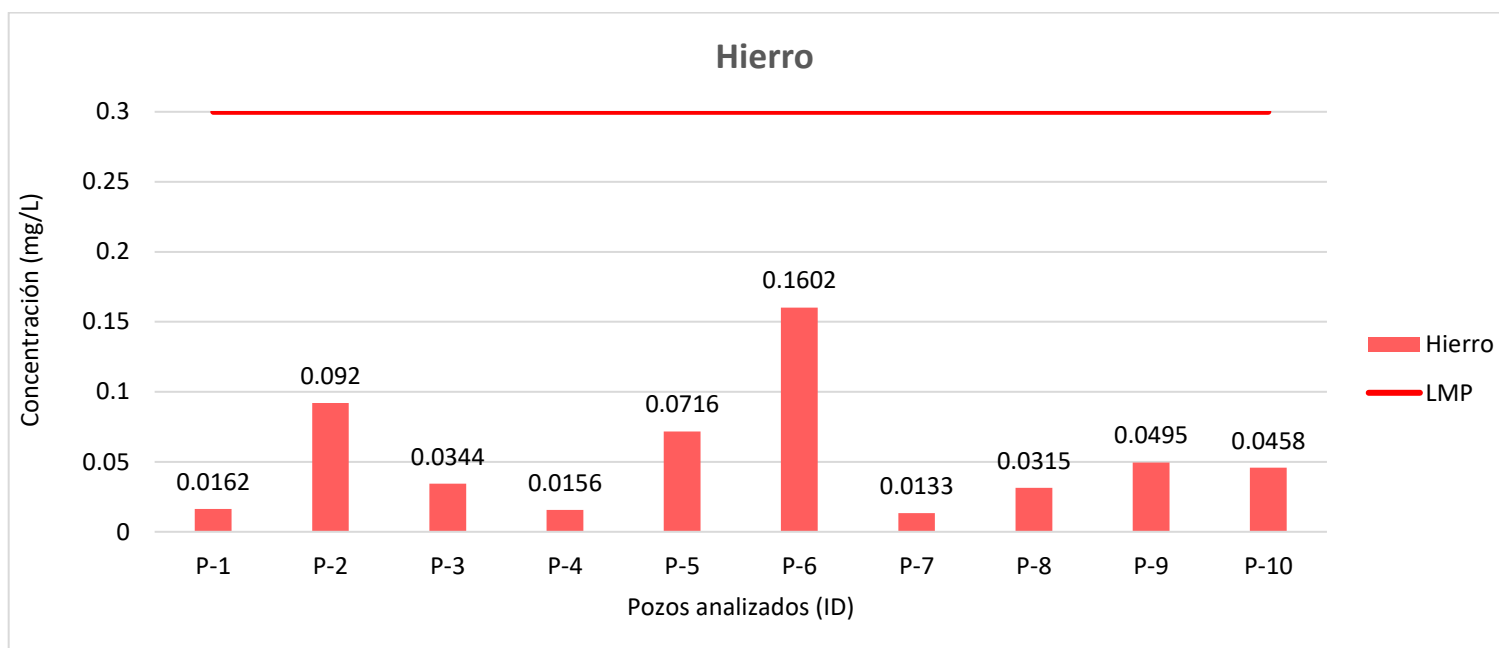


Fuente: Propia.

Hierro

El LMP, según Reglamento - D.S.031.2010, es de 0.300 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.16mg/L correspondiente al Pozo Villa El Milagro (P-6) ubicado en el distrito de Eten.

Gráfico 30: Contenido de hierro en las muestras analizadas.

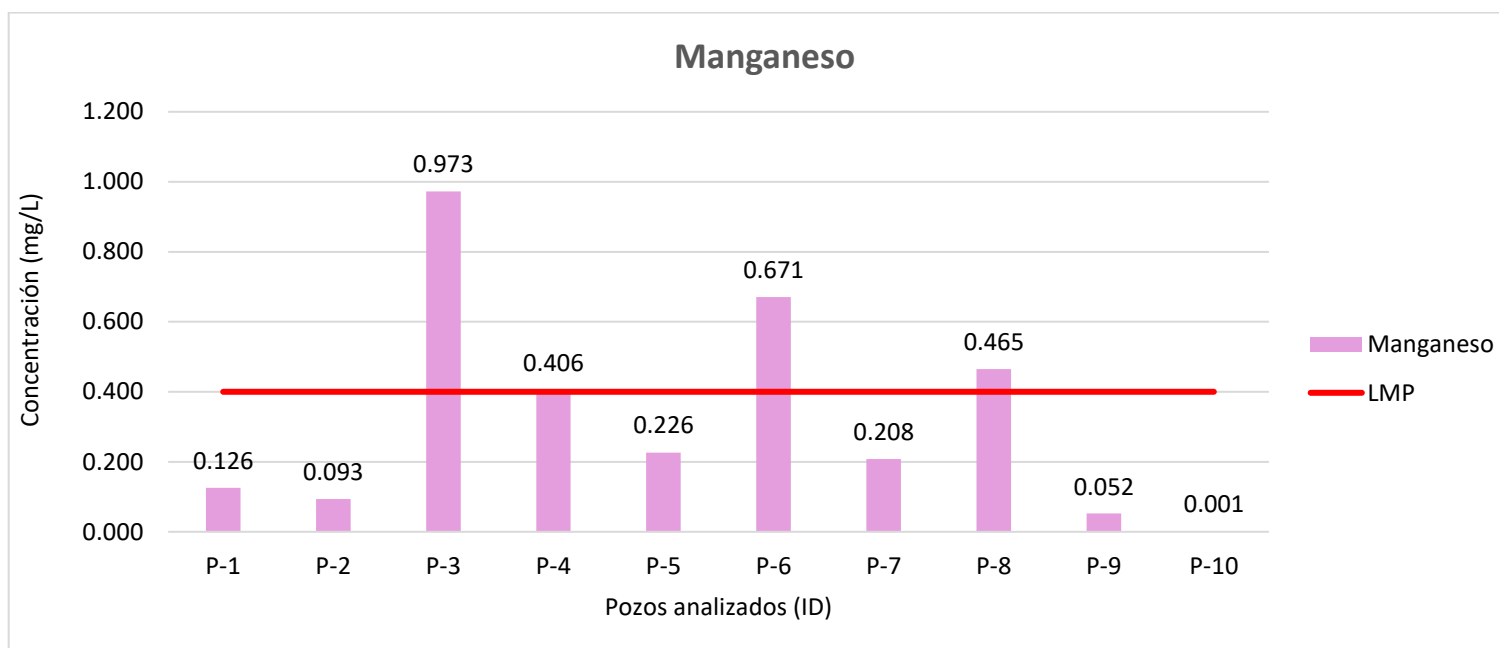


Fuente: Propia.

Manganeso

El LMP del manganeso, según Reglamento - D.S.031.2010, es de 0.40 mg/L. Según los ensayos realizados los pozos que sobrepasan este valor son: Pozo Acequia Grande (P-3), Pozo Los Ballenas (P-4), Pozo Villa El Milagro (P-6) y Pozo Montegrande (P-8).

Gráfico 31: Contenido de manganeso en las muestras analizadas.

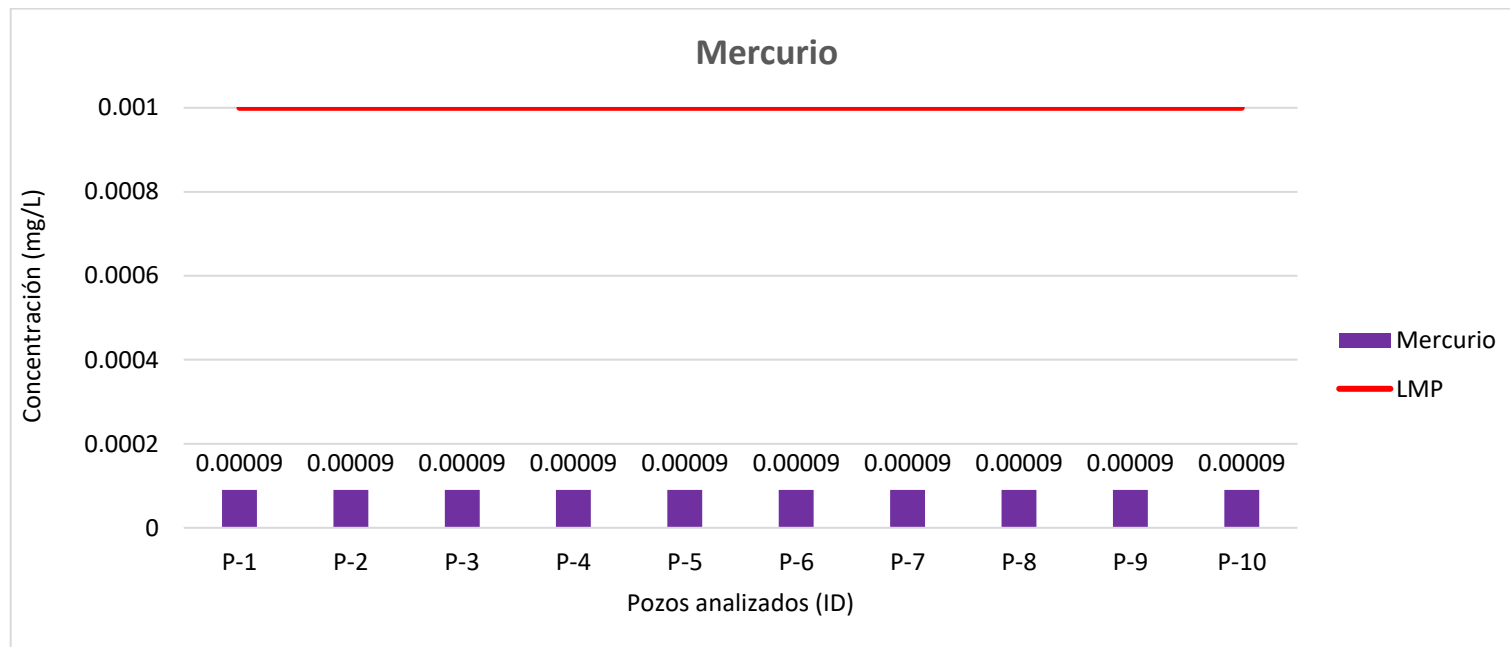


Fuente: Propia.

Mercurio

El LMP del mercurio, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.001 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. En todas las muestras se registra un valor < 0.00009 mg/L.

Gráfico 32: Contenido de mercurio en las muestras analizadas.

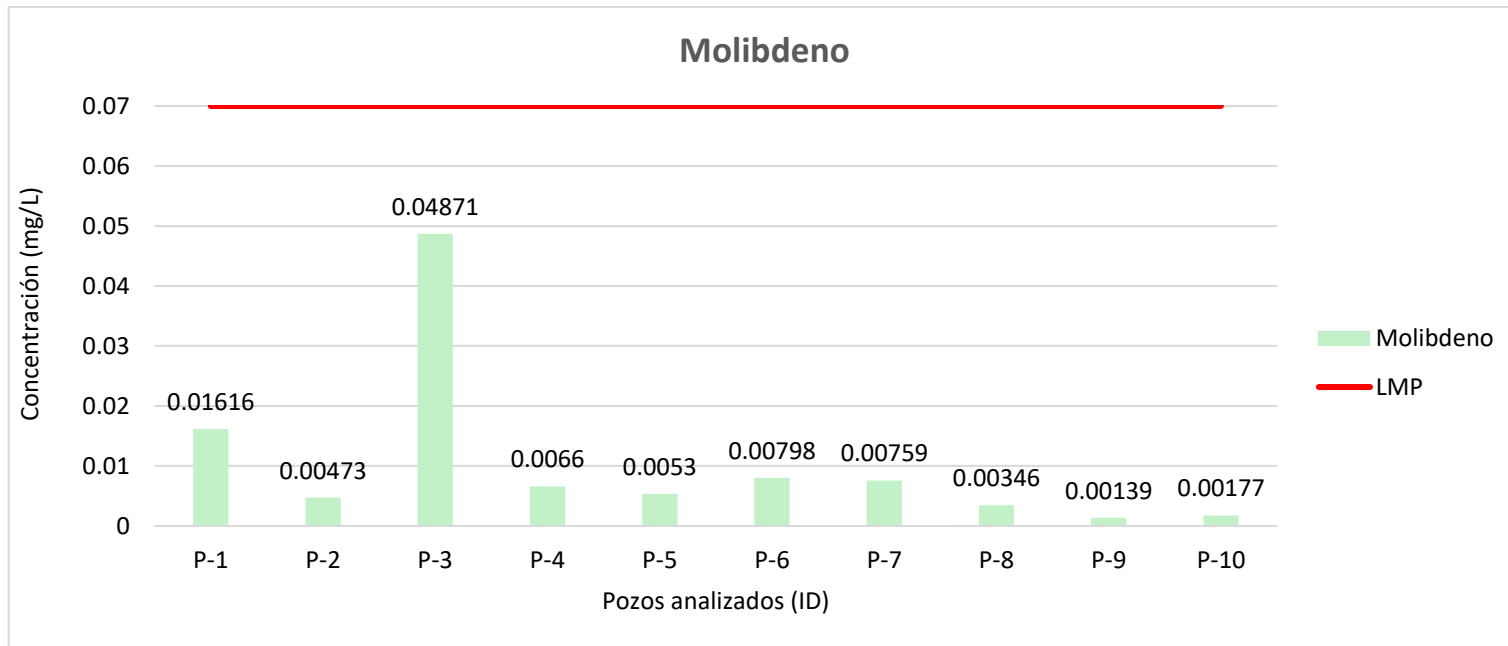


Fuente: Propia.

Molibdeno

El LMP del molibdeno, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.07 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.049mg/L correspondiente al Pozo Acequia Grande (P-3) ubicado en el distrito de Monsefú.

Gráfico 33: Contenido de molibdeno en las muestras analizadas.

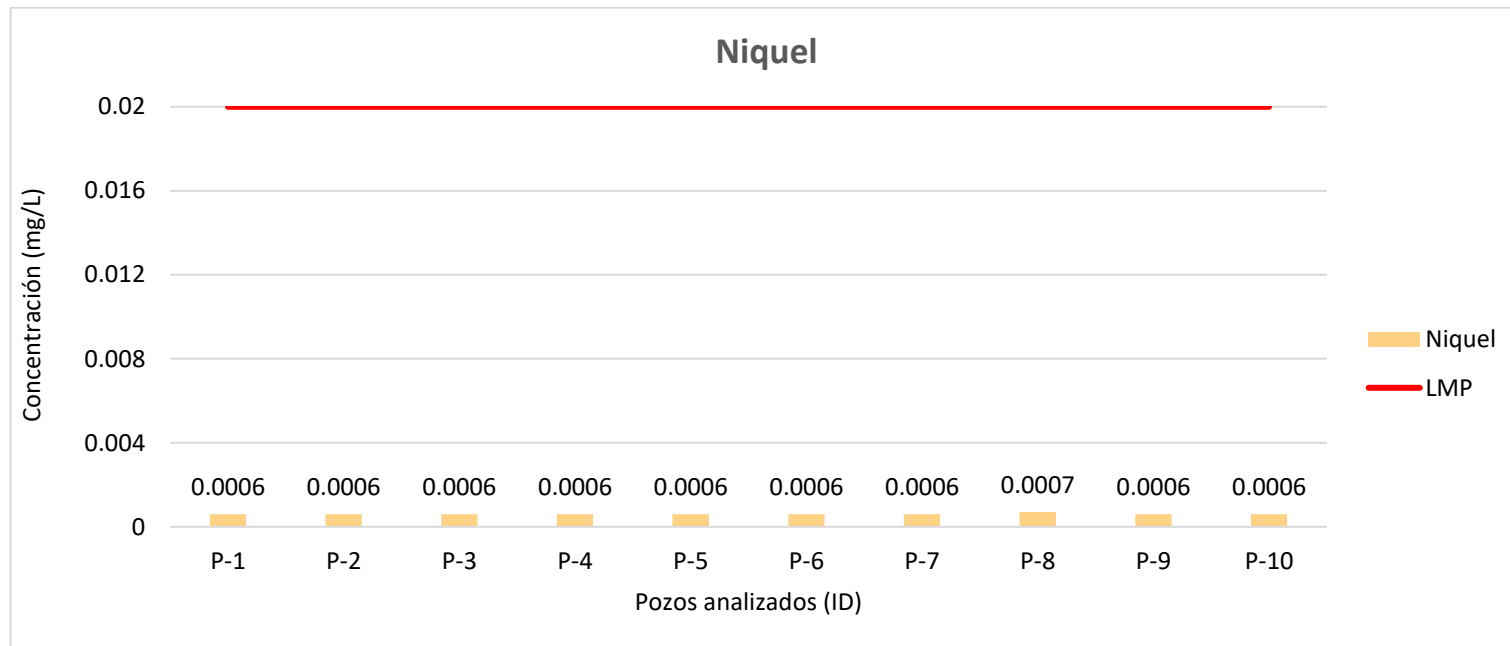


Fuente: Propia.

Níquel

El LMP del níquel, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.02 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. En todas las muestras se registra un valor $< 0.0006\text{mg/L}$.

Gráfico 34: Contenido de níquel en las muestras analizadas.

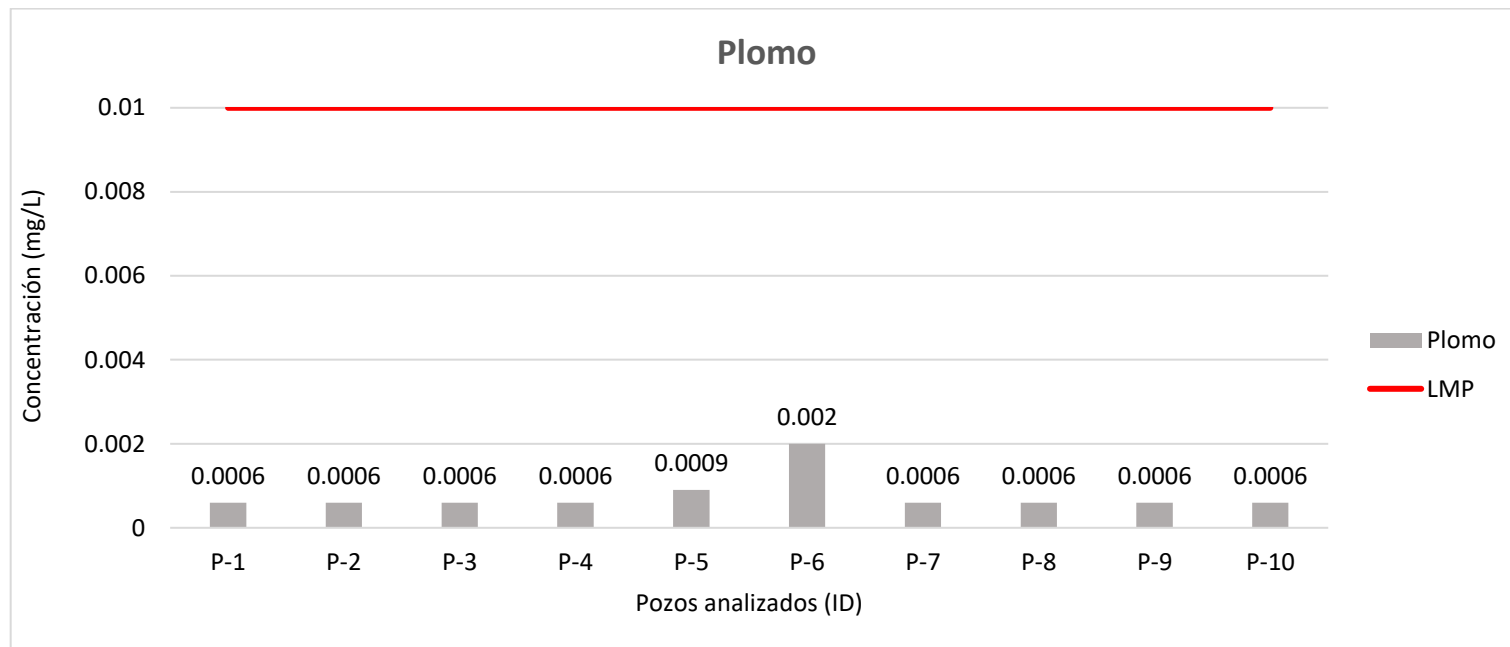


Fuente: Propia.

Plomo

El LMP del plomo, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.01 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.002mg/L correspondiente al Pozo Villa El Milagro (P-6) ubicado en el distrito de Eten.

Gráfico 35: Contenido de plomo en las muestras analizadas.

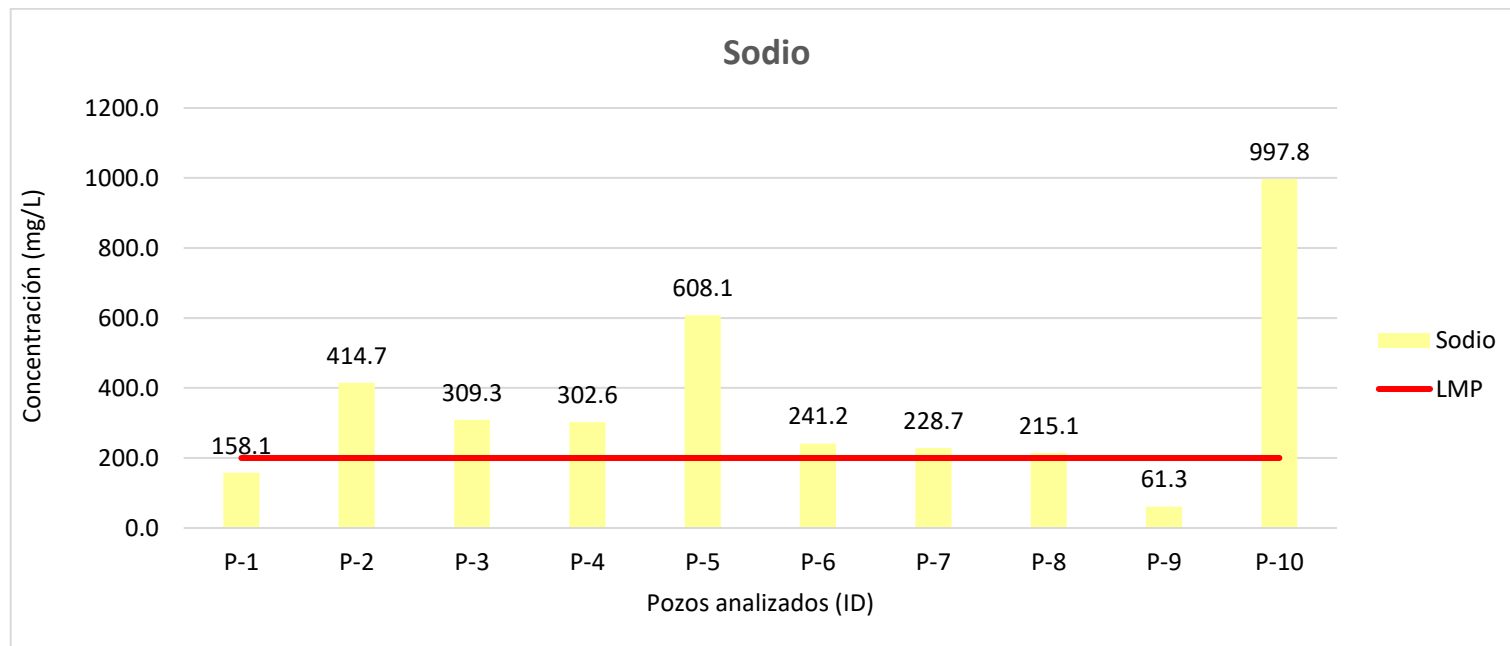


Fuente: Propia.

Sodio

El LMP del sodio, según Reglamento - D.S.031.2010, es de 200 mg/L Según los ensayos realizados 8 de 10 pozos sobrepasan este valor. Los pozos en mención son: Pozo Medianero (P-2), Pozo Acequia Grande (P-3), Pozo Los Ballenas (P-4), Pozo Amor de Dios (P-6), Pozo Villa El Milagro (P-6), Pozo Cascajales (P-7), Pozo Montegrande (P-8) y Pozo Ampliación Villa El Sol (P-10).

Gráfico 36: Contenido de sodio en las muestras analizadas.

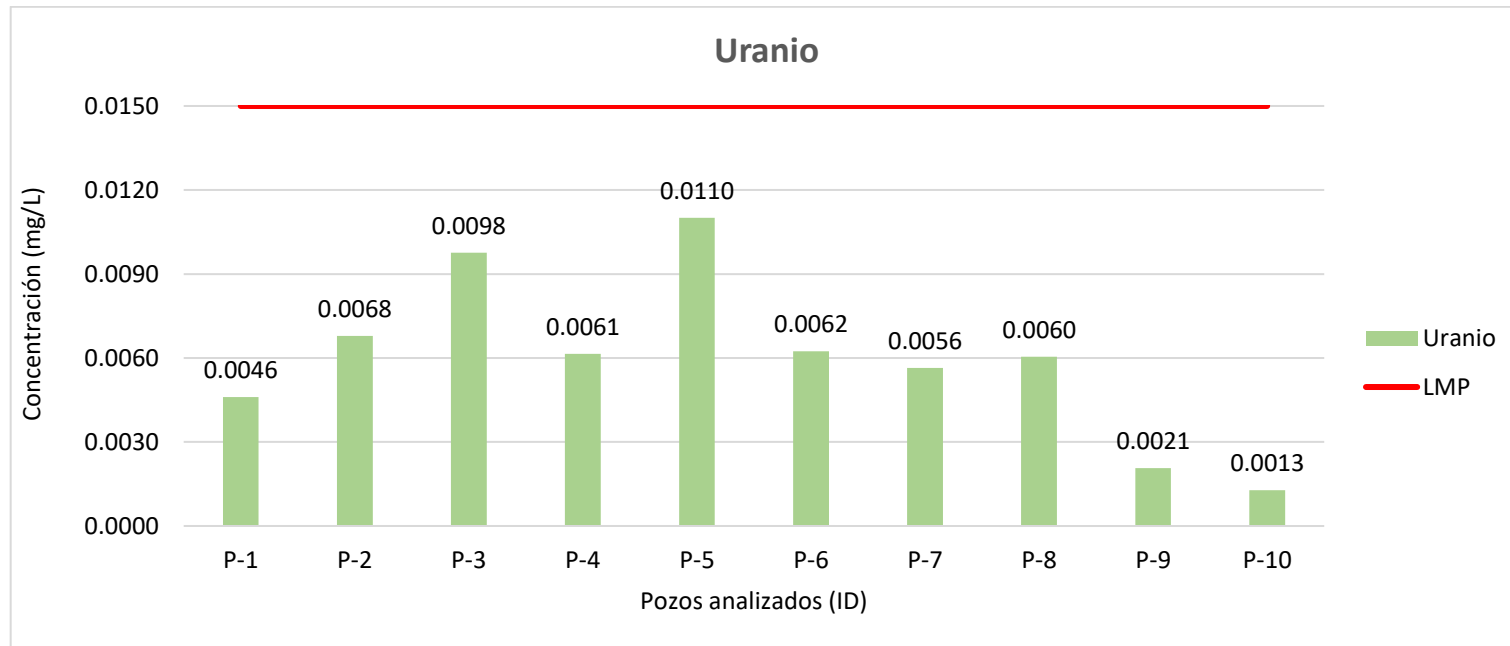


Fuente: Propia.

Uranio

El LMP del uranio, según Reglamento D.S.031.2010, es de 0.015 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.011mg/L correspondiente al Pozo Amor de Dios (P-5) ubicado en el distrito de Monsefú.

Gráfico 37: Contenido de uranio en las muestras analizadas.

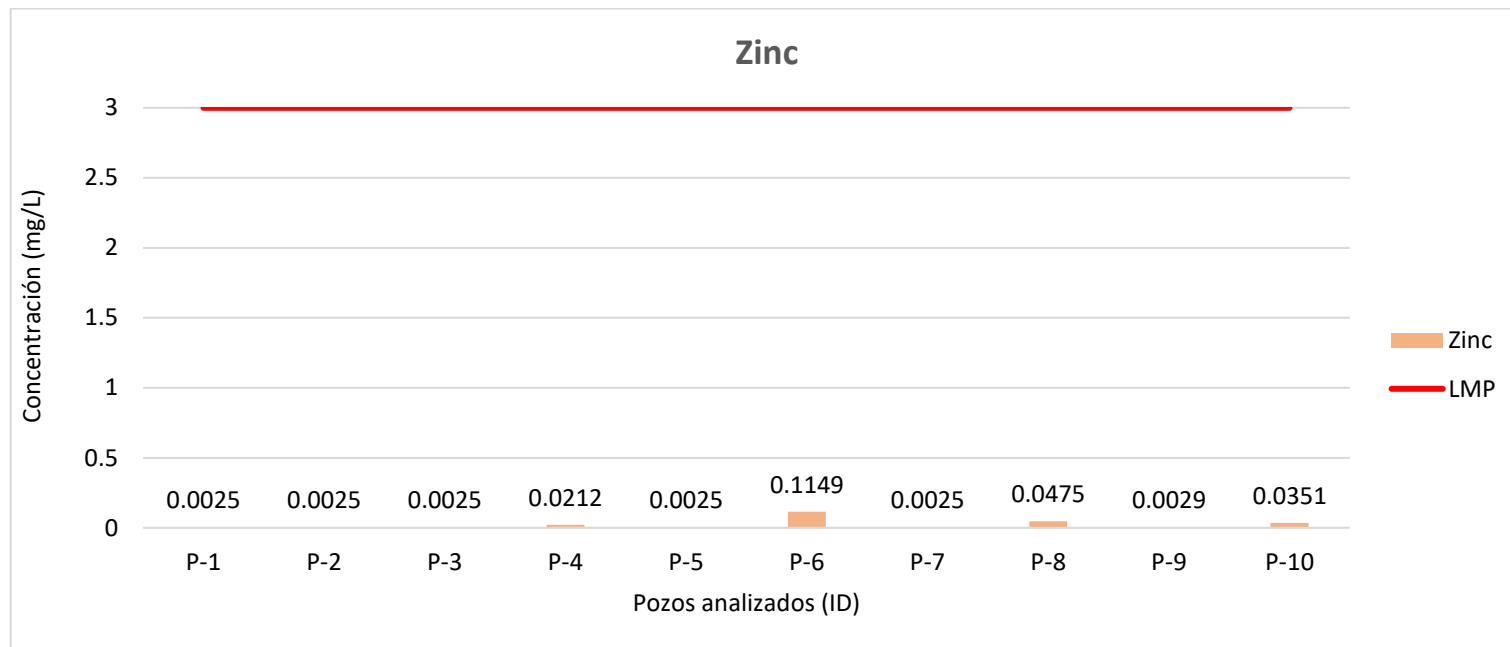


Fuente: Propia.

Zinc

El LMP del zinc, según Reglamento D.S.031.2010, es de 3.00 mg/L. Según los ensayos realizados ninguno de los pozos en estudio sobrepasa este valor. El máximo valor registrado es de 0.115mg/L correspondiente al Pozo Villa El Milagro (P-6) ubicado en el distrito de Eten.

Gráfico 38: Contenido de zinc en las muestras analizadas.



Fuente: Propia.

Discusión

Según el objetivo general, realizar la caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque, se obtuvo que el 70% de la muestra pertenece a la familia clorurada y/o sulfatada sódica, el 20% a la familia bicarbonatada sódica y el 10% a la familia bicarbonatada cálcica, datos que al ser comparados con el estudio “Evaluación del Acuífero Chancay-Lambayeque” [7] de la ANA, muestran una constancia en la proporcionalidad de las familias en estas aguas, en el año 2003 predominaba la familia clorurada y sulfatada sódica, en el año 2009 la familia bicarbonatada sódica y cálcica y en el año 2011 ambas familias.

Según el objetivo de identificar pozos poblacionales activos de agua subterránea en la cuenca baja Chancay Lambayeque, se realizó la identificación en campo considerando 10 pozos ubicados estratégicamente para el desarrollo de la investigación que abastecen de agua a los caseríos de los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. Al ser comparados con el último inventario a cargo de la ANA “Características técnicas, mediciones y volúmenes de explotación de pozos” se constata que hay una cantidad significativa de pozos que se listan que actualmente no se encuentran activos. Se considera necesaria la actualización de la data por parte de las autoridades competentes.

Según el objetivo específico de tomar muestras de agua de los pozos poblacionales seleccionados para realizar ensayos de laboratorio, se siguieron los protocolos establecidos por el laboratorio SGS del Perú. Los trabajos de investigación “Caracterización hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea del distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque” [11] y “Modelamiento hidroquímico de la cuenca del río Moche y propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad” [10] también analizaron sus muestras en el laboratorio en mención, el cual se encuentra acreditado por INACAL y muestra resultados confiables para el análisis de aguas.

Según el objetivo específico de determinar la concentración de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque, se obtuvo que 8 muestras no cumplen con lo estipulado en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano en al menos un metal pesado, el cual se tomó como referencia para la investigación. Los resultados indican que los principales metales que presentan una alta concentración son el Sodio, Manganeso y Boro, cuyos LMP son 200mg/L, 0.4mg/L y 1.5mg/L respectivamente. En comparación con los datos obtenidos en el estudio “Caracterización hidrogeoquímica y

calidad del agua subterránea del distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque” [11] el metal que predomina en dichas muestras es el arsénico.

Según el objetivo específico de realizar mapas de isoconcentraciones de agua subterránea, se obtuvo de manera gráfica mediante herramientas GIS la dispersión de los metales pesados en toda la zona en estudio mediante un proceso de interpolación. Al igual que en la investigación “Hidrogeoquímica y comportamiento del agua subterránea en la cuenca del valle medio del Magdalena en el área de Villa de Leiva-El Pescado, Colombia: Análisis cuantitativo de la calidad del agua” [9] los mapas de isoconcentraciones, mediante interpolación, permiten visualizar la distribución de los diferentes contaminantes en toda el área de estudio y determinar las zonas más afectadas por concentraciones de los metales pesados.

Según el objetivo específico de verificar el cumplimiento de los parámetros mínimos de la calidad del agua según normativa, se obtuvo que ocho pozos analizados superan los límites máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano en al menos dos parámetros estudiados. Los pozos considerados aptos corresponden al P-1 y P-9 del distrito de La Victoria y Reque respectivamente. Según la investigación “Evaluación del Acuífero Chancay-Lambayeque” [7] el 47% de las aguas se consideran de mala calidad, seguida por las aguas de calidad mediocre.

Conclusiones

- Se concluye que en la cuenca baja Chancay Lambayeque, en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria, la familia hidroquímica predominante es de tipo clorurada y/o sulfatada sódica correspondiente a un 70% de la muestra, seguida por la familia bicarbonatada sódica a un 20% y bicarbonatada cálcica a un 10%, utilizando el método de identificación mediante los diagramas de Piper para la muestra analizada.
- Se realizó la identificación de los pozos poblacionales activos en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria que suministran agua a diversos caseríos de los mencionados distritos, entre los cuales se seleccionaron 10 pozos para la investigación. Se seleccionaron 2 pozos en el distrito de Eten, 3 en Monsefú, 3 en Reque y 2 en La Victoria.
- Se cumplió con los protocolos y las condiciones necesarias solicitadas por el laboratorio SGS del Perú para la toma de muestras, siendo óptimas para la realización de los análisis que comprenden propiedades químicas y presencia de metales pesados. Se tomaron un total de muestras de 4 envases por pozo, con un total de 870 ml según lo indicado por el laboratorio.
- Se obtuvieron las características del agua subterránea mediante ensayos de laboratorio considerando una muestra de diez pozos poblacionales en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria. Se analizaron las propiedades químicas (calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos); además, se determinó la concentración de cuarenta y nueve tipos de metales pesados. Se estudiaron diecisiete metales pesados normados según DS.031.2010. Se obtuvo que los principales metales que superan los Límites Máximos Permisibles son el Sodio (valor elevado en ocho muestras), Manganeso (valor elevado en cuatro muestras) y Boro (valor elevado en una muestra).
- Se elaboraron diecisiete mapas de isoconcentraciones considerando los principales metales pesados perjudiciales para el consumo humano según lo estipulado en el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano - D.S.031.2010, donde se puede verificar la incidencia de tales parámetros en la zona en estudio que comprende los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria, mediante interpolaciones utilizando herramientas GIS.

- Se verificó la calidad del agua según lo estipulado en el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano - D.S.031.2010. Se identificó que, ocho pozos exceden el límite máximo permisible normado de concentración de sodio, tres pozos exceden el límite máximo permisible normado de concentración de cloruro y cuatro pozos exceden el límite máximo permisible normado de concentración de sulfatos. Además, ocho pozos exceden el límite máximo permisible normado en al menos un metal pesado. Es decir, solo dos pozos se encuentran aptos para consumo humano según sus propiedades químicas y presencia de metales pesados (P-1 y P-9).

Recomendaciones

- Se recomienda a los investigadores ampliar la muestra en estudio y considerar, en la medida de lo posible, todos los pozos poblacionales activos que forman parte del acuífero Chancay Lambayeque para obtener un panorama más amplio y preciso de la situación actual y la evolución de las aguas subterráneas.
- Se recomienda a las autoridades mantener en constante actualización los inventarios e información referente a los pozos poblacionales activos en los diversos distritos que comprenden el acuífero Chancay Lambayeque para el correcto seguimiento y mantenimiento de estos para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.
- Se recomienda realizar análisis a las aguas subterráneas de manera periódica y en diversas épocas del año para poder llevar un correcto control e identificar prontamente alguna anomalía. Además, de incluir en los análisis otras consideraciones dependiendo del uso del agua.
- Se recomienda aplicar inmediatamente las medidas correctivas a los ocho pozos que exceden los niveles de sodio, cloruros y sulfatos y que además presentan anomalías en las concentraciones de metales pesados, los cuales resultan perjudiciales para la salud de la población usuaria de los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria.
- Se recomienda ampliar los puntos de muestreo para poder obtener mapas de isoconcentraciones con una mayor precisión y realizar una verificación de la data obtenida con la muestra de 10 pozos poblacionales activos en los distritos de Eten, Monsefú, Reque y La Victoria.
- Se recomienda incluir en los análisis los parámetros microbiológicos y parasitológicos en los pozos poblacionales activos según lo estipulado en el Reglamento DS.031.2010. para la identificación temprana de anomalías con la finalidad de no afectar a la población usuaria de acuerdo con el uso del agua.

Referencias

- [1] E. Morales Casique, «La contaminación del agua subterránea,» CONAHCYT - CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS, [En línea]. Available: <https://conahcyl.mx/la-contaminacion-del-agua-subterranea/>. [Último acceso: Marzo 2024].
- [2] Organización de las Naciones Unidas, «La salud de diez millones de peruanos está en riesgo por el envenenamiento del agua con sustancias tóxicas,» 2022. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2022/12/1517512>. [Último acceso: 2024].
- [3] Y. Reyes, I. Vergara, O. Torres, M. Díaz y E. Gonzáles, *Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria*, Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 2016.
- [4] O. Mendoza, R. Sánchez, J. Barrón , H. Cuevas, P. Escalante y B. Solano, *Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México*, SCIELO, 2017.
- [5] Autoridad Nacional del Agua - ANA, *Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el valle Chancay - Lambayeque*, 2004.
- [6] Instituto geológico, minero y metalúrgico - INGEMMET, *Dispersión geoquímica de metales pesados en la cuenca alta y media de los ríos Chancay y Lambayeque - Cajamarca; implicancias ambientales*, Lima, 2006.
- [7] Autoridad Nacional del Agua - ANA, *Estudio de caracterización hidrogeoquímica del Acuífero Chancay - Lambayeque*, Lima, 2012.
- [8] K. Velásquez Pedroza, J. M. Murillo Jiménez, A. J. Marmolejo Rodríguez, E. H. Nava Sánchez, P. A. Morales Puente, J. Wurl y E. Hernández Pérez, *Caracterización hidrogeoquímica en la cuenca hidrológica El Carrizal, Baja California Sur, México*, México, 2018.
- [9] J. C. Rojas Pérez, *Hidrogeoquímica y comportamiento del agua subterránea en la cuenca del valle medio del Magdalena en el área de Villa de Leiva-El Pescado, Colombia: Análisis cuantitativo de la calidad del agua*, Bogotá, 2018.
- [10] C. I. M. Vásquez Cercado, *Modelamiento hidroquímico de la cuenca del río Moche y propuestas de solución a los problemas de contaminación, región La Libertad.*,

Chiclayo, 2023.

- [11] J. C. Chapoñán Cayao, *Caracterización hidrogeoquímica y calidad del agua subterránea del distrito de Jayanca, departamento de Lambayeque.*, Chiclayo, 2023.
- [12] L. E. Vargas Rodríguez y J. E. Chira Fernández, *Dispersión geoquímica de metales pesados en la cuenca alta y media de los ríos Chancay y Lambayeque - Cajamarca; implicancias ambientales*, Lima, 2006.
- [13] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Aguas Subterráneas y Acuíferos,» [En línea]. Available: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/aguas-subterraneas-y-acuiferos/>.
- [14] J. Sanchez San Román, *Hidrología Superficial y Subterránea*, Salamanca: Kindle Direct Publishing, 2022.
- [15] M. E. Beltrán Pineda y A. M. Gómez Rodríguez, *Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación*, Boyacá, 2015.
- [16] Departamento de estudios, extensión y publicaciones, *Calidad del Agua*, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016.
- [17] L. A. García Villanueva, *Apuntes de Hidrogeoquímica*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2023.
- [18] E. Custodio y M. R. Llamas, *Hidrología Subterránea*, 1983.
- [19] J. Sánchez San Román, *Contaminación de las aguas subterráneas*, Salamanca: Universidad de Salamanca.
- [20] C. S. Pérez Morales, *Modelo Hidrogeoquímico 3D de la Cuenca Río Motupe – La Leche.*, Pimentel, 2023.
- [21] R. F. Vidarte Requejo, *Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Cuenca Media del Río Chancay – Lambayeque _ 2022.*, Lambayeque, 2023.
- [22] Instituto geológico, minero y metalúrgico - INGEMMET, *Estudio hidrogeológico del Distrito de Mórrope*, Lambayeque, 2018.
- [23] R. G. Rodríguez Flores, *Análisis de la calidad del agua en ríos de la cuenca Chancay-Lambayeque, Perú*, Lambayeque: Veritas Et Scientia, 2021.

Anexos

Anexo N°1: Límites máximos permisibles según Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano - D.S. N°031.2010.

ANEXO II LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

ANEXO III LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Fuente: Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano - D.S. N°031.2010.

Anexo N°2: Informe de resultados de las muestras analizadas a cargo de la empresa SGS del Perú.


USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 029-2024-I
FECHA: 22 de Mayo 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Diana Elizabeth Quesquén Huamán

TITULO DE LA TESIS: Caracterización hidrogeoquímica de metales pesados en el agua subterránea de la cuenca baja Chancay Lambayeque

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, valida los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante fuera de nuestras instalaciones, dado que no se pueden realizar en esta universidad:

- Bicarbonatos
- Carbonatos
- Potencial de Hidrógeno
- Metales pesados
- Cloruro
- Sulfato

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

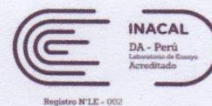
Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

QUESQUEN HUAMAN DIANA ELIZABETH

LAMBAYEQUE.- CHICLAYO

ENV / LB-354946-002

PROCEDENCIA : CHICLAYO

Fecha de Recepción SGS : 04-05-2024

Fecha de Ejecución : Del 04-05-2024 al 16-05-2024

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
JASS HUACA SEGURA
JASS MEDIANERO
JASS MONTEGRANDE
JASS PUERTO ARTURO
JASS AMPLIACION VILLA SOL
JASS ACEQUIA GRANDE
JASS VILLA EL MILAGRO
JASS CASCAJALES
JASS AMOR DE DIOS
JASS LOS BALLENAS

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 16/05/2024

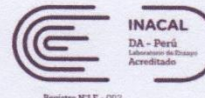
Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Supervisor de Laboratorio

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT Universidad Católica Santo Domingo de los Colorados

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS HUACA SEGURA	JASS MEDIANERO
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 10:20:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 11:01:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Bicarbonatos	EW APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0.6	1.2	203.1 ± 26.40	518.8 ± 67.40
Carbonatos	EW APHA2320B	mg CO ₃ /L	0.3	0.6	<0.6	5.9 ± 0.80
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	—	—	8.08 *	8.48 *
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	80.485 ± 10.46	185.494 ± 20.40
Sulfato	EW EPA300 0	mg/L	0.01	0.03	123.66 ± 14.84	646.06 ± 77.53
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.006 ± 0.0010	0.005 ± 0.000
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00229 ± 0.00025	0.00254 ± 0.00028
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.00560 ± 0.00050	0.0378 ± 0.0034
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.367 ± 0.044	0.974 ± 0.12
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00007 ± 0.000020	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	67.550 ± 6.75	129.005 ± 12.90
Ceniciento Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00015 ± 0.000010	0.00010 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00126 ± 0.00032	0.00048 ± 0.00012
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0006 ± 0.00020	0.0007 ± 0.00020
Estadío Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.6323 ± 0.057	1.1152 ± 0.10
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0162 ± 0.0013	0.0020 ± 0.00074
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0117 ± 0.0011	0.0080 ± 0.00070
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	15.345 ± 1.84	30.232 ± 3.63
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.12556 ± 0.0088	0.09347 ± 0.0065
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.01616 ± 0.0037	0.00473 ± 0.0011
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	15.35 ± 1.23	0.55 ± 0.040
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0012 ± 0.00010	0.0013 ± 0.00010
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	<0.0013	0.0013 ± 0.00030
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	7.53 ± 0.90	7.88 ± 0.95
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	3.518 ± 0.42	3.683 ± 0.44
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	158.143 ± 17.40	414.717 ± 45.62
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0028 ± 0.00040	0.0029 ± 0.00040
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.004601 ± 0.00097	0.006784 ± 0.0014
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0071 ± 0.0011	0.0064 ± 0.0010
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	<0.0026	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS MONTEGRANDE	JASS PUERTO ARTURO
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 12:15:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 13:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Bicarbonatos	EW APHA2320B	mg HCO ₃ /L	0.6	1.2	380.0 ± 49.20	1352.1 ± 45.80

Página 2 de 9

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Luzern, Suiza

TÉCNICO DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS MONTEGRANDE	JASS PUERTO ARTURO
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 12:15:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 13:00:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Carbonatos	EW APHA2320B	mg CO ₃ /L	0.3	0.6	6.0 ± 0.80	<0.6
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	—	—	8.60 *	7.95 *
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	202.320 ± 22.25	53.449 ± 6.95
Sulfato	EW EPA300 0	mg/L	0.01	0.03	255.71 ± 30.69	77.69 ± 9.32
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	0.036 ± 0.0030
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00183 ± 0.00020	0.00122 ± 0.00013
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0822 ± 0.0074	0.0414 ± 0.0037
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.319 ± 0.038	0.201 ± 0.024
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	0.00006 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	113.386 ± 11.34	111.939 ± 11.19
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00009 ± 0.000010	0.00005 ± 0.00000
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00086 ± 0.00022	0.00086 ± 0.00022
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0005 ± 0.00010	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.7289 ± 0.066	0.7383 ± 0.066
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gaio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0315 ± 0.0025	0.0495 ± 0.0040
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0088 ± 0.00080	0.0061 ± 0.00050
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	14.254 ± 1.71	12.858 ± 1.54
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.46522 ± 0.033	0.05203 ± 0.0036
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00346 ± 0.00080	0.00139 ± 0.00032
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.00020	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	<0.000010	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.25 ± 0.10	1.49 ± 0.12
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0088 ± 0.0020	0.0016 ± 0.00040
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	7.64 ± 0.92	6.86 ± 0.82
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	3.571 ± 0.43	3.205 ± 0.39
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	215.080 ± 23.66	61.266 ± 6.74
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0029 ± 0.00040	0.0046 ± 0.00060
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.006043 ± 0.0013	0.002067 ± 0.00043
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0063 ± 0.00090	0.0019 ± 0.00030
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0475 ± 0.0048	0.0029 ± 0.00030
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS AMPLIACION VILLA SOL	JASS ACEQUIA GRANDE
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 13:25:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 13:59:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Bicarbonatos	EW APHA2320B	mg HCO ₃ /L	9.6	1.2	126.2 ± 16.40	559.3 ± 72.70

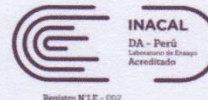
Henry Rivasdeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Unión de San Antonio de Tiquipaca

TÉCNICO DE LABORATORIO

Página 3 de 9



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS AMPLIACION VILLA SOL	JASS ACEQUIA GRANDE
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 13:25:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 13:59:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Carbonatos	EW APHA2320B	mg CO ₃ L	0.3	0.6	<0.6	<0.6
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	--	--	7.98 *	7.56 *
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	1,616.690 ± 129.33	102.714 ± 11.30
Sulfato	EW EPA300 0	mg/L	0.01	0.03	136.28 ± 16.35	263.15 ± 31.58
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.021 ± 0.0020	<0.003
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00214 ± 0.00024	0.00557 ± 0.00061
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1529 ± 0.014	0.0425 ± 0.0038
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.486 ± 0.058	1.064 ± 0.13
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	110.632 ± 11.063	68.371 ± 6.84
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00003 ± 0.00000	0.00051 ± 0.000050
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00012 ± 0.000030	0.00096 ± 0.00024
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0223 ± 0.0056	0.0039 ± 0.0010
Estadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.00023 ± 0.000040
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.4082 ± 0.13	0.6546 ± 0.059
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	0.086 ± 0.024
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0458 ± 0.0037	0.0344 ± 0.0028
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0362 ± 0.0033	0.0104 ± 0.00090
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	18.213 ± 2.19	21.797 ± 2.62
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00100 ± 0.000070	0.97277 ± 0.068
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00177 ± 0.00041	0.04871 ± 0.011
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000519 ± 0.000078	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	3.88 ± 0.31	1.41 ± 0.11
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0013 ± 0.00010	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0116 ± 0.0027	0.0022 ± 0.00050
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	4.80 ± 0.58	7.48 ± 0.90
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	2.244 ± 0.27	3.495 ± 0.42
Stroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	997.770 ± 109.75	309.268 ± 34.019
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0021 ± 0.00030	0.0027 ± 0.00040
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001275 ± 0.000027	0.009759 ± 0.00020
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0068 ± 0.0010	0.0074 ± 0.0011
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.0351 ± 0.0035	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS VILLA EL MILAGRO	JASS CASCAJALES
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 16:20:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 16:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Bicarbonatos	EW APHA2320B	mg HCO ₃ L	0.6	1.2	382.8 ± 49.80	246.3 ± 57.90

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Laboratorio de Ensayo

Página 4 de 9
TECNICO DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS VILLA EL MILAGRO	JASS CASCAJALES
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 16:20:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 16:50:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Carbonatos	EW APHA2320B	mg CO ₃ L	0.3	0.6	<0.6	<0.6
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	—	—	7.65 *	7.59 *
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	253.124 ± 27.84	154.046 ± 16.95
Sulfato	EW EPA300 0	mg/L	0.01	0.03	227.10 ± 27.25	227.62 ± 27.31
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	0.006 ± 0.0010
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00243 ± 0.00027	0.00255 ± 0.00028
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.0263 ± 0.0024	0.0170 ± 0.0015
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.618 ± 0.074	0.448 ± 0.054
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00006 ± 0.000010	<0.00003
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	121.585 ± 12.16	82.723 ± 8.27
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00029 ± 0.000030	0.00015 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00276 ± 0.00069	0.00037 ± 0.000090
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.1849 ± 0.11	0.7294 ± 0.066
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Gaio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1602 ± 0.013	0.0133 ± 0.0011
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0124 ± 0.0011	0.0087 ± 0.00080
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	34.826 ± 4.18	20.086 ± 2.41
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.67093 ± 0.047	0.20770 ± 0.015
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00798 ± 0.0018	0.00759 ± 0.0018
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0020 ± 0.00020	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.17 ± 0.090	0.91 ± 0.070
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0030 ± 0.00070	<0.0013
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	7.30 ± 0.88	7.76 ± 0.93
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	3.412 ± 0.41	3.625 ± 0.43
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	241.155 ± 26.53	228.745 ± 25.16
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0028 ± 0.00040	0.0029 ± 0.00040
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.006242 ± 0.0013	0.005640 ± 0.0012
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0049 ± 0.00070	0.0078 ± 0.0012
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0026	0.1149 ± 0.012	<0.0026
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

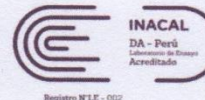
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS AMOR DE DIOS	JASS LOS BALLENAS
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 16:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 14:35:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Generales						
Bicarbonatos	EW APHA2320B	mg HCO ₃ L	0.6	1.2	658.4 ± 85.60	661.2 ± 86.0
Carbonatos	EW APHA2320B	mg CO ₃ L	0.3	0.6	<0.6	<0.6

Henry Rivasdenegra
Obliuas
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Página 5 de 9
TÉCNICO DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					JASS AMOR DE DIOS	JASS LOS BALLENAS
FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO CATEGORIA SUB CATEGORIA					03/05/2024 18:30:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL	03/05/2024 14:35:00 AGUA NATURAL AGUA SUBTERRÁNEA AGUA DE MANANTIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Análisis Químicos						
Potencial de Hidrógeno	EW APHA4500HB	pH	--	--	7.69 *	7.34 *
Aniones						
Cloruro	EW EPA300 0	mg/L	0.025	0.050	389.153 ± 40.61	84.828 ± 11.028
Sulfato	EW EPA300 0	mg/L	0.01	0.03	681.30 ± 81.76	215.05 ± 25.81
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	0.003 ± 0.000
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	<0.00013	<0.00013
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.00405 ± 0.00045	0.00143 ± 0.00016
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0267 ± 0.0024	0.0365 ± 0.0033
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	1.652 ± 0.20	0.939 ± 0.11
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	0.00003 ± 0.000010
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	144.978 ± 14.50	84.991 ± 8.50
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00012 ± 0.000010	0.00011 ± 0.000010
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	0.00018 ± 0.000050	0.00389 ± 0.00097
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0006 ± 0.00020
Estañio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.5631 ± 0.14	0.6782 ± 0.061
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	<0.00012	<0.00012
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0716 ± 0.0057	0.0156 ± 0.0012
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0179 ± 0.0016	0.0080 ± 0.00070
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	39.630 ± 4.76	16.918 ± 2.030
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.22628 ± 0.016	0.40597 ± 0.028
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00530 ± 0.0012	0.00660 ± 0.0015
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	<0.00010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0009 ± 0.00010	<0.0006
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	1.36 ± 0.11	1.00 ± 0.080
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	<0.0009	<0.0009
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0019 ± 0.00040	<0.0013
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	9.39 ± 1.13	8.52 ± 1.020
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.040	0.128	4.388 ± 0.53	3.981 ± 0.48
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	608.054 ± 66.89	302.569 ± 33.28
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Tantalo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Telurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0037 ± 0.00050	0.0028 ± 0.00040
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.011011 ± 0.0023	0.006143 ± 0.0013
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0034 ± 0.00050
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0006	0.0026	0.0212 ± 0.0021	0.0212 ± 0.0021
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio
USAT



Página 6 de 9

TÉCNICO DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

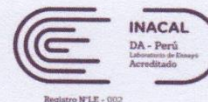
Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	3%	95 - 96%	95 - 98%	4%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	1%	91 - 103%	93 - 108%	4%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	99 - 100%	97 - 100%	5%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	2%	93 - 103%	94 - 101%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	94 - 102%	94 - 99%	4%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	94 - 98%	92 - 95%	3%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	97 - 104%	91 - 97%	8%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 101%	91 - 101%	4%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	2%	103 - 108%	104 - 106%	13%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	1%	99 - 102%	96 - 100%	4%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	3%	97 - 103%	96 - 99%	7%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	1%	93%	93 - 96%	10%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	96 - 97%	91 - 95%	4%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	93 - 95%	91 - 100%	12%
Estañio Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	102 - 108%	95 - 101%	4%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	4%	102 - 103%	91 - 95%	13%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	96 - 97%	96 - 98%	1%
Gaio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	99 - 103%	94 - 100%	5%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101%	92 - 95%	12%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	103 - 107%	100 - 102%	4%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	95 - 105%	100 - 104%	4%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	99 - 100%	96 - 100%	5%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	95 - 99%	94 - 102%	10%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 109%	102 - 107%	4%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	101 - 103%	102 - 109%	5%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	4%	97 - 101%	96 - 102%	5%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	92 - 104%	93 - 108%	3%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	98%	95%	2%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	103 - 107%	95 - 101%	4%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	2%	95 - 102%	98 - 103%	5%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	98 - 102%	97 - 101%	9%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	101 - 102%	97 - 101%	5%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	2%	95 - 102%	95 - 102%	4%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	0%	103 - 104%	95 - 102%	7%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	103 - 107%	99 - 103%	0%
Silicio Total	mg/L	0.27	<0.27	0%	103 - 108%	105 - 108%	0%
Sodio Total	mg/L	0.128	<0.128	0%	103 - 107%	105 - 108%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	2%	95 - 103%	100 - 103%	9%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 103%	98 - 99%	3%
Tantalo Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	98 - 99%	96 - 104%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	101 - 107%	100 - 101%	5%
torio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	96 - 101%	102 - 107%	6%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	1%	98 - 102%	106 - 107%	4%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	4%	102 - 104%	97 - 100%	3%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	104 - 107%	92 - 93%	9%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	94 - 95%	95 - 109%	6%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	100 - 101%	95 - 100%	5%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	0%	96 - 100%	97 - 98%	4%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	99 - 110%	97 - 106%	5%
Potencial de Hidrógeno	pH	—	—	0%	100%		
Bicarbonatos	mg HCO ₃ /L	1.2	<1.2	0%	97%		
Carbonatos	mg CO ₃ /L	0.6	<0.6	0%	101%		
Cloruro	mg/L	0.050	<0.050		100%	100%	0%
Sulfato	mg/L	0.03	<0.03		100%	100%	0%

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT





**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2320B	Callao	Bicarbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2019
EW_APHA2320B	Callao	Carbonatos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2320 B, 24th Ed., 2023. Alkalinity Titration Method. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2019
EW_APHA4500HB	Callao	Potencial de Hidrógeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+-B; 23rd Ed: 2017. pH Value: Electrometric Method.
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA- Method 200.8 Rev. 5.4, 1994. Determination of trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Mass spectrometry. 2015 (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance)
EW_EPA300_0	Callao	Cloruro	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016
EW_EPA300_0	Callao	Sulfato	EPA 300.0. Rev. 2.1:1993. Determination of Inorganic Anions by Ion Chromatography. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance) 2016


Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

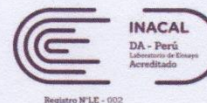


Página 8 de 9

TÉCNICO DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO
MA2413880 Rev. 0**

NOTAS

Notas:

- El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.
- Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C., las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidos en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.

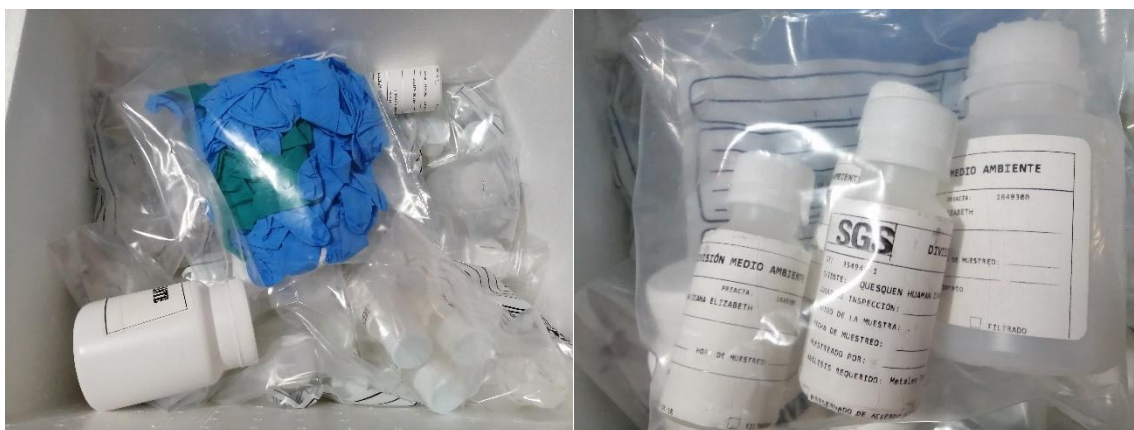
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022


Henry
Rivadeneira
Obillos
Tec. Laboratorio
USAT


USAT
Laboratorio de Ensayo de Concreto y Ensayo de Acero
Página 9 de 9
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo N°3: Instrumentos y toma de muestras en los diez pozos en estudio.



Instrumentos utilizados para la toma de muestras.



Toma de muestra Pozo Huaca Segura.



Toma de muestra Pozo Medianero.



Toma de muestra Pozo Montegrando.



Toma de muestra Pozo Puerto Arturo.



Toma de muestra Pozo Ampliación Villa El Sol.



Toma de muestra Pozo Acequia Grande.



Toma de muestra Pozo Los Ballenas.



Toma de muestra Pozo Villa El Milagro.



Toma de muestra Pozo Cascajales.



Toma de muestra Pozo Amor de Dios.