

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6867

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LAGUNAS: LA MILAGROSA, LA MELLICERA Y LA ENCANTADA, DE LAS SALINAS DE CHILCA

Región Lima
Provincia Cañete
Distrito Chilca



FEBRERO
2021

“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LAGUNAS: LA MILAGROSA, LA MELLICERA Y LA ENCANTADA, DE LAS SALINAS DE CHILCA, PROVINCIA DE CAÑETE – LIMA”

CONTENIDO

RESUMEN	3
CAPÍTULO I GENERALIDADES	4
1.1.INTRODUCCIÓN	4
1.2.ANTECEDENTES	6
1.3.UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	6
1.4.CLIMA Y VEGETACIÓN	8
1.5.HIDROLOGÍA.....	8
1.6.METODOLOGÍA	9
1.7.EQUIPO DE TRABAJO	10
CAPÍTULO II ASPECTOS GEOLÓGICOS	11
2.1.GRUPO LIMA.....	11
2.1.1. Formación Lurín:	11
2.1.2. Formación Pamplona:	13
2.2.GRUPO CASMA	13
2.2.1. Formación Chilca:.....	13
2.3.ROCAS INTRUSIVAS	13
2.4.DEPÓSITOS CUATERNARIOS	14
2.4.1. Depósitos aluviales:.....	14
2.4.2. Depósitos eólicos:.....	14
2.4.3. Depósitos marinos:	14
2.5.GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	15
2.6.GEOMORFOLOGÍA	16
2.7.ESTUDIO PETROGRÁFICO.....	16
2.7.1. Resultados del estudio petrográfico:	17
CAPÍTULO III ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	19
3.1.INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA	19
3.1.1. Pozos y piezómetros	21
3.1.2. Hidráulica subterránea.....	21
3.2.CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA	22
3.2.1. Unidades hidrogeológicas	22
CAPITULO IV INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA	25
4.1.GENERALIDADES.....	25
4.2.TRABAJOS DE GEOFÍSICA	26
4.3.PROCESAMIENTO DE RESULTADOS E INTERPRETACIONES.....	27
4.4.ANÁLISIS DE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS.....	27
4.4.1. Perfil de tomografía LT-1 – laguna La Milagrosa	27
4.4.2. Perfil de tomografía LT-2 – laguna La Milagrosa	29
4.4.3. Perfil de tomografía LT-3 – laguna La Mellicera	31
4.4.4. Perfil de tomografía LT-4 – laguna La Mellicera	32
4.4.5. Perfil de tomografía LT-5 – laguna La Encantada	34
4.4.6. Perfil de tomografía LT-6 – laguna La Encantada	36
4.4.7. Perfil de tomografía LT-7.....	37
4.4.8. Perfil de tomografía LT-8.....	39
4.5.ANÁLISIS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES – SEV	40
4.5.1. Perfil geoelectrico A-A'- Sector Laguna La Milagrosa – Agüita de Coco – Chilca – Cañete – Lima	42
4.5.2. Perfil geoelectrico B-B'- Sector AA.HH. Agüita de Coco – Chilca - C.R. Ballarta de Chilca – Cañete - Lima	43
CAPÍTULO V HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS	46
5.1.CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA.....	46

5.2.MUESTREO, DETERMINACIONES QUÍMICAS DE LABORATORIO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	46
5.3.ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....	47
5.3.1. Conductividad eléctrica.....	47
5.3.2. pH.....	47
5.4.ANÁLISIS DE PARÁMETROS QUÍMICOS	48
5.4.1. Diagrama de Piper.....	48
5.4.2. Diagramas de Stiff	49
5.4.3. Relaciones iónicas	52
5.5.HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL.....	57
5.5.1. ECA categoría 1: Poblacional y Recreacional - Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación - B1-contacto primario.....	57
5.5.2. ECA categoría 4: Conservación del ambiente acuático - E1: Lagunas y lagos.....	57
5.5.3. Descripción de parámetros que superan los ECAs: Categoría 1 - Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación - B1-contacto primario y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático - E1: Lagunas y lagos.....	61
5.6.ÍNDICE DE SATURACIÓN (IS)	62
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXO I	67

**“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LAGUNAS: LA MILAGROSA, LA
MELLICERA Y LA ENCANTADA, DE LAS SALINAS DE CHILCA,
PROVINCIA DE CAÑETE – LIMA”**

RESUMEN

El presente estudio, se realiza ante la solicitud de la asociación “Mujeres al Rescate”, mediante la carta N° 0011/MR/2017, solicitando una inspección hidrogeológica de las lagunas: La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada en las Salinas de Chilca, provincia de Cañete, región de Lima.

Uno de los principales objetivos de esta asociación, es dar valor a las lagunas de Las Salinas, para que puedan ser aprovechadas como el “Primer eje turístico de salud de Lima, utilizando los lodos de las Salinas de Chilca”, mediante el tratamiento de la fangoterapia. El presente estudio contribuirá como herramienta en la toma de decisiones para la adecuada gestión de dichas lagunas.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, realizó el estudio hidrogeológico de las lagunas antes mencionadas a nivel de línea base actual o diagnóstico situacional, para conocer la composición química y la calidad de las aguas subterráneas (piezómetros) y superficiales (lagunas); así como, conocer el comportamiento de los flujos subterráneos, a través de los niveles freáticos, con el apoyo del levantamiento de información geofísica. Los trabajos de campo se desarrollaron en el ámbito de la Intercuenca 1375531, entre las cuencas de los ríos Chilca al Norte y Mala al Sur.

En el análisis geológico e hidrogeológico, se inició tomando como base la carta geológica nacional (INGEMMET), con datos recopilados en campo, presentados a escala 1:50 000; así mismo, se realizó el inventario y muestreo de nueve (9) fuentes de agua, correspondientes a seis (6) lagunas, dos (2) piezómetros analizados en el momento de la recuperación de los niveles freáticos, y una (1) muestra local de mar. Dentro de este inventario se encuentran las lagunas La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada, las cuales tienen como fuente de recarga a los acuíferos porosos no consolidados del valle de Chilca, aunque estas aguas subterráneas se encuentran altamente salinizadas, debido principalmente a la geología de la zona (costras salinas), y en menor proporción a una posible intrusión salina.

Los resultados hidrogeoquímicos nos indican que las aguas corresponden a la facies clorurada sódica; además, según los ECAs (DS N° 004-2017-MINAM), en la categoría 1, subcategoría B-B1, y en la categoría 4, subcategoría E1, las aguas superficiales y subterráneas, superan los límites establecidos de esta norma, en elementos como NO₃, NO₂, Cd, B, As, Hg, los cuales tienen un origen natural, tanto como antrópico, por lo cual, las lagunas La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada, no estarían permitidas para su uso balneológico, sin embargo, también contienen minerales como calcio, magnesio, cloruros, que podrían ser beneficiosas para la salud humana, por lo tanto, se recomiendan la permanencia de los bañistas, con exposición a las aguas y lodos por un tiempo no mayor a los 15 minutos y previa prescripción médica.

**“ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LAGUNAS: LA MILAGROSA, LA
MELLICERA Y LA ENCANTADA, DE LAS SALINAS DE CHILCA,
PROVINCIA DE CAÑETE – LIMA”**

**CAPÍTULO I
GENERALIDADES**

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico, se realizó a solicitud de la asociación “Mujeres al Rescate”, presidida por la Lic. Esther Leonor Cárdenas Mora, dicha asociación viene trabajando desde años atrás, para poner en valor a las lagunas de las Salinas de Chilca, con la finalidad de ser aprovechadas como el “Primer eje turístico de salud de Lima, utilizando los lodos de las Salinas de Chilca”. Según manifestaciones de los lugareños y visitantes, las lagunas poseen propiedades curativas, sobre todo para males dermatológicos, óseos, entre otros malestares, debido a las propiedades mineralógicas de los lodos, como alternativa de medicina natural, conocida como la fangoterapia o barroterapia (Fotografía 1.1), con este fin, Mujeres al Rescate, acude al Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, en adelante INGEMMET, para que se pueda realizar el estudio científico, acorde a su competencia, así elaborar la investigación hidrogeológica de las lagunas: La Milagrosa, la Mellicera y la Encantada de las Salinas del distrito de Chilca”.

La solicitud del estudio, ingresa a INGEMMET, bajo la carta N° 0011/MR/2017, con fecha: Lima, 15 de junio del 2017, y es respondida con la carta N° 166-2017-INGEMMET/PCD con fecha: Lima, 30 de noviembre del 2017, especificando estudios de evaluación hidrogeológica, comprendiendo, toma de muestras de agua subterránea y superficial con sus respectivos análisis geoquímicos y estudios de prospección geofísica.

De esta manera, el INGEMMET, institución técnico – científica, a través de la dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designa al Ing. Jose Luis Moreno Herrera, para atender dichos estudios, como parte de proyecto ACT 01: Estandarización y Asistencia Técnica a los Gobiernos Locales, Regionales y Nacional, elaborándose así, el Informe Técnico con código A6867: “Estudio hidrogeológico de las lagunas: La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada, de las Salinas de Chilca, provincia de Cañete – Lima”.

En febrero del 2018, se inicia las coordinaciones con la asociación Mujeres al Rescate y la Municipalidad Distrital de Chilca, para los trabajos de campo (Fotografía 1.2). La recopilación de los datos de campo se llevó a cabo del 14 al 22 de marzo del 2018, contaron en todo momento con el acompañamiento de las partes involucradas; se desarrolló en el ámbito de la intercuenca 1375531, según la delimitación de las unidades hidrográficas del Perú (Autoridad Nacional del Agua), entre las cuencas de los ríos Chilca al norte y Mala al sur.



Fotografía 1.1: Bañistas cubiertas con el lodo de la laguna La Milagrosa.



Fotografía 1.2: Coordinaciones con representantes de la asociación Mujeres al Rescate y la Municipalidad Distrital de Chilca.

Para el análisis geológico e hidrogeológico, se tomó como base, la carta geológica nacional (INGEMMET), 1:50 000, complementando los datos e interpretaciones recopiladas en campo con su muestreo respectivo; así mismo, se realizó el inventario de fuentes de agua subterránea y superficial; en los trabajos de geofísica, se consideraron sondajes eléctricos verticales y tomografías eléctricas para complementar las interpretaciones de los flujos subterráneos en interior, de esta manera determinar y diferenciar las zonas de agua muy conductivas (agua salobre), de las zonas poco conductivas (agua no salobre); así mismo, determinar la profundidad del nivel freático, además de relacionar con la geología de la zona.

1.2. ANTECEDENTES

En la zona de estudio, son pocos los estudios en referencia a las aguas subterráneas; sin embargo, estos estudios indican los elevados niveles de salinidad de las aguas subterráneas extraídas mediante pozos, y requieren su control y monitoreo permanente.

A continuación, citamos algunos de los estudios realizados:

- En 1968, la Dirección General de Aguas Subterráneas efectuó el estudio “Estado de explotación de las aguas subterráneas en el valle Chilca”.
- En 1973, la DGASI realizó “Operación y mantenimiento de la infraestructura de explotación de las aguas subterráneas en el valle Chilca”.
- En 1976, La Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) realizó el “Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la Costa”.
- En 1978, Ing. Sergio Vera Armas, efectuó un informe sobre los “Controles piezométricos y químicos de la napa”.
- En 1983, la Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (DGASI), efectuó el estudio “Evaluación de los recursos hídricos subterráneos en el valle Chilca”.
- El 2005, el Ministerio de Agricultura, a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales, efectuó el “Inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca”.
- El 2015, el Ministerio de Agricultura y Riego, a través de la Autoridad Nacional del Agua, efectuó el estudio: Evaluación de la Veda del Acuífero de Chilca.

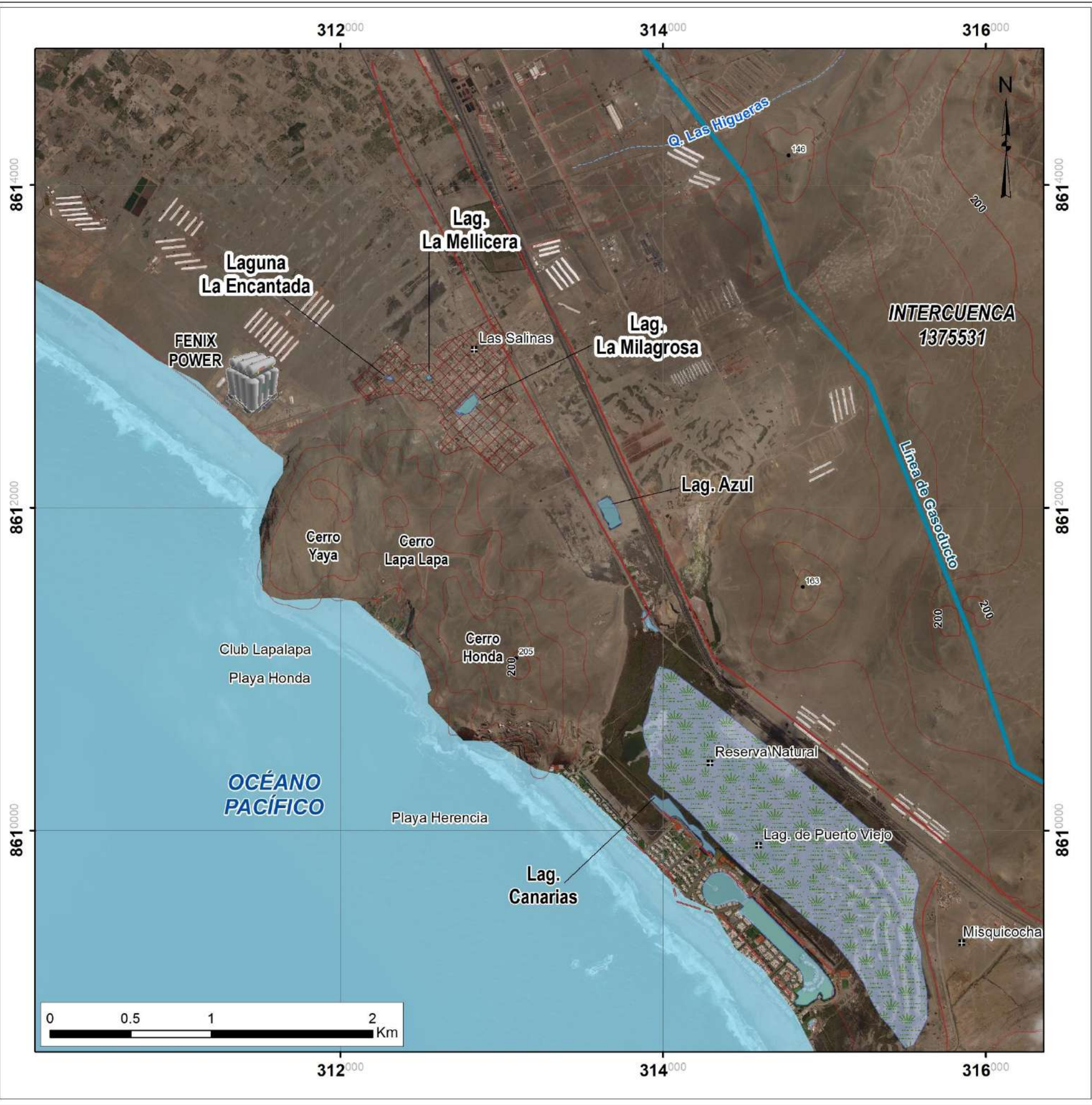
1.3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El área de estudio se encuentra ubicado en el sector de Las Salinas (Lagunas la Milagrosa, la Encantada y la Mellicera), abarca las coordenadas geográficas: 76°42'10.54" O; 12°34'38.59" S y 76°43'49.05" O; 12°32'27.79" S (Figura 1.1). Políticamente pertenece al distrito de Chilca, de la provincia de Cañete, departamento de Lima.

Limita por el norte con el distrito de Pucusana y San Bartolo (Lima Metropolitana); al noreste con el distrito de Santa María del Mar (Lima Metropolitana); al este con el distrito de Santo Domingo de Olleros (Huarochirí); al sur con el distrito de San Antonio, Santa Cruz de Flores y Calango (Cañete); y por el oeste con el Océano Pacífico. La población de Chilca, al 2017, es de un total de 21 573 habitantes, con una densidad poblacional de 44.89 habitantes por km².

Hidrológicamente se encuentra dentro de la intercuenca 1375531, según la delimitación de las unidades hidrográficas del Perú (Autoridad Nacional del Agua), entre las cuencas de los ríos Chilca al Norte y Mala al Sur.

El acceso es siguiendo la carretera Panamericana Sur, hasta el Km 65, aproximadamente a una hora y media de la ciudad de Lima.



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- ▨ Zona Urbanizada
- Plantilla desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VÍAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Océano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CERRO CANASTA - LIMA

MAPA DE UBICACIÓN

Figura 1.1 Elaborado por: A. Moreno & J. Flores
 Escala: 1:25 000 Proyección: UTM, UTM 18 S, Datum: WGS 84

1.4. CLIMA Y VEGETACIÓN

Presenta un clima sub tropical árido, característico de la costa central del Perú, con temperatura moderada (temperatura media anual: 20.47 °C), muy húmedo y ausencia de lluvias. Se podría afirmar que el clima es agradable, pero no es conveniente para la agricultura, debido a la ausencia de lluvias, que trae como resultado la escasez de agua. A esto se suma la salinidad del suelo, debido a los vientos que soplan trayendo brisas salidas generando los depósitos eólicos.

Se aprecian algunas variedades de cultivos, principalmente higo y tuna; hacia el sector de la Laguna Puerto Viejo, se observa principalmente la totora, especie que se adapta a la salinidad de la zona, conocida como grama salada (Fotografía 1.3).



Fotografía 1.3: Sector de la laguna Puerto Viejo, muestra la totora, especie que se adapta a la salinidad de la zona.

1.5. HIDROLOGÍA

El área de estudio, por encontrarse en una zona árida y desértica, con escasa precipitación y permanente déficit de aguas superficiales, exigió a que la población explotara las aguas subterráneas para uso doméstico y agrícola, mediante pozos, actualmente muchos de los pozos han sido abandonados, por la salinidad de las aguas, siendo la empresa desalinizadora Fenix Power, ubicada cerca del área de estudio, quien abastece de agua a la población (Fotografía 1.4).



Fotografía 1.4: Empresa desalinizadora Fenix Power, que abastece de agua a la población de Chilca.

Las aguas superficiales provienen del río Chilca, que tiene agua solo en determinados días de los meses de verano (temporada de avenidas). Próxima a la desembocadura, el cauce del río se bifurca en dos ramales, una al norte, cuyo cauce cruza por debajo de la autopista a la altura del Km 60.5 (altura del barrio progreso) y el ramal sur, cuyo cauce cruza por debajo de la autopista a la altura del Km 63 de la vía panamericana sur y bordea el casco urbano de la población de Chilca.

1.6. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente informe, se inició con una primera etapa de gabinete, donde se realizó una recopilación bibliográfica de información existente de trabajos anteriores, informes técnicos, planos base, elaboración de red de muestreo de aguas subterránea y superficial, elaboración de las secciones para el registro de sondajes eléctricos verticales (SEV) y tomografía eléctrica entre otros, en referencia a la zona de estudio.

Luego se desarrolló los trabajos de campo comprendiendo dos (2) fases, una primera fase, donde se realizó una inspección técnica a manera de reconocimiento del área de estudio (Fotografía 1.5), incluyendo reuniones previas con las autoridades respectivas (Representantes de la Municipalidad de Chilca y de la asociación Mujeres al Rescate), donde se presentó el plan de trabajo.



Fotografía 1.5: Reconocimiento del área de estudio (Inspección Técnica).

En la segunda fase, se recolectó los datos de campo, mediante una cartografía hidrogeológica, registrando los datos de cada fuente inventariada, como parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, pH, TDS, temperatura, oxígeno disuelto, resistividad, ORP y salinidad), elaboración de secciones estructurales, litología, entre otros. Se tomaron muestras de cada fuente trabajada, para su respectivo análisis químico de aniones, metales disueltos, metales totales y elementos traza, por el método ICP Masa óptico, lo que nos ha permitido conocer las características hidroquímicas del agua y su calidad, en comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN).

En los trabajos de geofísica, se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) y Tomografías Eléctricas para conocer la geometría del acuífero.

Finalmente, en la segunda etapa de gabinete se procedió con el procesamiento e interpretación de la información recopilada, plasmada sobre mapas temáticos y elaboración del informe técnico final, que contará con las descripción y análisis de la hidrogeología e hidrogeoquímica, figuras, diagramas, gráficos, cuadros, conclusiones y recomendaciones acorde a los objetivos.

1.7. EQUIPO DE TRABAJO

En el presente informe participaron los ingenieros geólogos José Luis Moreno Herrera, Walter Pari Pinto, Jimmy Astrid Fiestas Zúñiga, Karen Lizzeth Dueñas Olivera y Elmer Condori Quispe, los trabajos de campo se realizaron con el apoyo de los ingenieros geólogos Maura Charca Huaricallo y Joseps Andrade Choque de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, del Programa de Hidrogeología. Los análisis de las muestras de agua, lodo y roca se realizaron en el laboratorio de INGEMMET.

CAPÍTULO II ASPECTOS GEOLÓGICOS

El presente capítulo se elaboró, tomando como base, la carta geológica nacional (INGEMMET), haciendo uso de la información del boletín N° 44, Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara y Castrovirreyna por Humberto Salazar y Cesar Landa (1983), las hojas de los cuadrángulos de Lurín (25-j II y 25-j III) y Mala (26-j I y 26-j IV) a escala 1:50 000; así mismo, se consultó la Guía de Campo “Estratigrafía, Sedimentología y Evolución Tectónica del área de Lima” (Antenor Alemán, Víctor Benavides y Walter León, 2006).

A continuación, se describen las formaciones geológicas en el área de estudio (Figura 2.1).

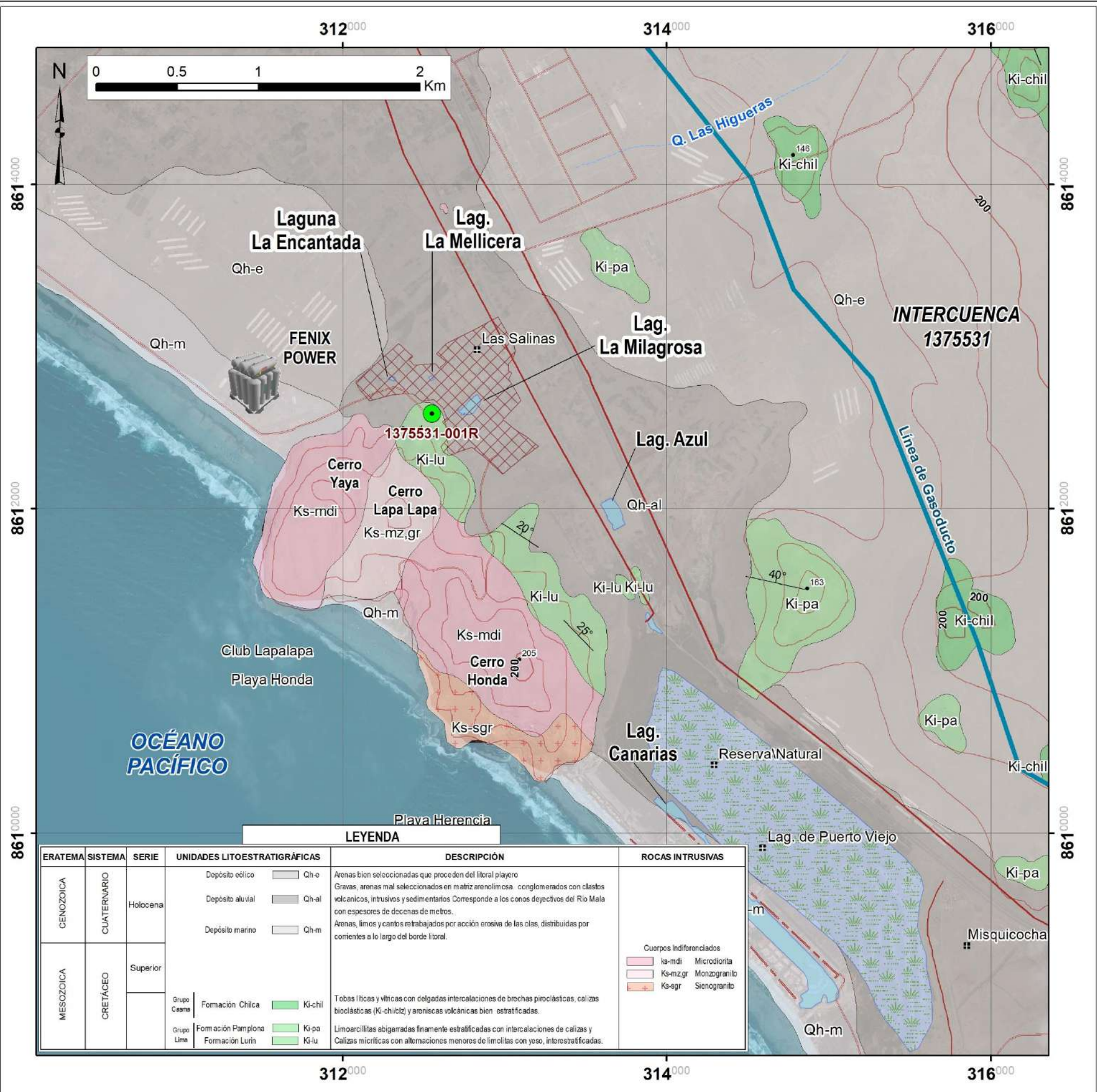
2.1. GRUPO LIMA

2.1.1. Formación Lurín:

Se encuentra conformada esencialmente por calizas micríticas y calizas grises que varían entre “packestone” y “mudstone” separadas por niveles de limolitas rojizas a verdosas, con películas de yeso y sal intraestratificadas. Una característica de esta unidad es la presencia de brechas de colapso de origen sinsedimentario con presencia de yeso (León & De La Cruz, 2003). Hacia el sector de la laguna Azul, se observan las secuencias de calizas, intercaladas con arcillitas y margas, completamente alteradas, expuestas por la extracción del material en una antigua cantera (Fotografías 2.1 y 2.2).



Fotografía 2.1: Hacia la base del cerro Lapa Lapa, se observan secuencias de calizas, arcillitas y margas de la Formación Lurín.



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VIAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Oceano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas
- Punto de muestra de roca.

LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	DESCRIPCIÓN	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Depósito eólico	Qh-e	Arenas bien seleccionadas que proceden del litoral playero Gravas, arenas mal seleccionadas en matriz arenolimosas conglomerados con clastos volcánicos, intrusivos y sedimentarios. Corresponde a los conos dejectivos del Río Mala con espesores de decenas de metros. Arenas, limos y cantos re trabajados por acción erosiva de las olas, distribuidas por corrientes a lo largo del borde litoral.
			Depósito aluvial	Qh-al	
			Depósito marino	Qh-m	
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Formación Chilca	Ki-chil	Cuerpos Indiferenciados ks-mdi Microdiorita ks-mz-gr Monzogranito ks-sgr Senogranito
			Formación Pamplona	Ki-pa	
		Grupo Lima	Formación Lurin	Ki-lu	

INGEMMET
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CHILCA - CASETE - LIMA

MAPA GEOLOGICO

Figura 2.1

Echando por: J. Moreno & J. Flores

Escala: 1:25 000

Revisión: 3 de mayo de 2014



Fotografía 2.2: Hacia el sector de la laguna azul, se observan un afloramiento conformado por arcillitas, margas y calizas de la Formación Lurín, con meteorización intensa y alto fracturamiento, con venillas de calcita que rellenan las fisuras. (Se encuentra en una antigua cantera abandonada).

2.1.2. Formación Pamplona:

Esta formación litológicamente está conformada en su base por una secuencia conglomerádica, mientras que en su parte media y superior por intercalaciones de arcillitas gris verdosas a amarillentas y calizas marmolizadas. En el área de estudio, afloran en la base de los cerros Honda, Lapa Lapa y Yaya, por debajo de la Formación Lurín.

2.2. GRUPO CASMA

Este grupo, regionalmente marca el inicio de un ciclo volcánico-sedimentario. En el área de estudio se reconoce como la Formación Chilca, la cual forma parte de dicho grupo.

2.2.1. Formación Chilca:

Esta Formación es una secuencia de rocas volcánico-sedimentarias conformada en su parte inferior por calizas y rocas clásticas intercaladas con derrames volcánicos y en su parte superior generalmente por rocas volcánicas.

2.3. ROCAS INTRUSIVAS

Corresponden a cuerpos subvolcánicos de intrusiones tempranas y a cuerpos plutónicos que constituyen el Batolito de la Costa; así como algunas intrusiones subvolcánicas menores de emplazamiento posterior.

Se trata de cuerpos subvolcánicos emplazados cerca de la superficie en forma de diques, sills o stocks. En el ámbito del área de estudio, afloran monzogranitos y sienogranitos, que se levantan, dando origen a los cerros Yaya, Lapalapa y Honda. También se tiene presencia de andesitas, las mismas que afloran en los cerros Yaya y Honda, (Fotografía 2.3).



Fotografía 2.3: Afloramiento rocoso de cuerpos subvolcánicos que constituyen el Batolito de la Costa, conformando los cerros Yaya y Lapalapa.

2.4. DEPÓSITOS CUATERNARIOS

2.4.1. Depósitos aluviales:

Constituido por materiales acarreados por el río, que bajan de la vertiente occidental andina, cortando rocas terciarias, mesozoicas y del Batolito de la Costa, habiéndose depositado en su trayecto, sedimentos a lo largo y ancho de su cauce.

En la zona de estudio, se encuentra cubriendo casi toda la zona de trabajo, litológicamente están conformados por una secuencia de capas de sedimentos de gravas y guijarros en matriz areno limosa o arcillosa, presentándose estructuras lenticulares de sedimentos finos compuestos por limos y arcillas.

2.4.2. Depósitos eólicos:

En el área de estudio, se encuentran emplazados ampliamente cerca al litoral y hacia la parte noreste. Los materiales eólicos proceden de las arenas de playa y son transportados por los vientos que los distribuyen en forma de mantos o cubiertas delgadas o en forma de dunas longitudinales.

Se pueden distinguir dos tipos de depósitos eólicos, los del Pleistoceno, conformados por acumulaciones antiguas, que se hallan estabilizadas, principalmente por la acción de la humedad, determinando un suelo fino y estable, conformando lomadas y pequeños campos de dunas. Los otros depósitos son los recientes, conformados, por arenas móviles, que se observan ampliamente en la zona de estudio, procedentes de las diversas playas del litoral, adoptando ser un suelo salino, formando mantos que cubren las laderas de los cerros Lapalapa, Honda y gran parte de la zona de estudio.

2.4.3. Depósitos marinos:

Estos depósitos se observan cerca de la línea del litoral, están conformados por materiales clásticos mayormente pequeños (gravas) o finos (arena) formados por la acción erosiva de las olas y distribuidas por la corriente marina.

Constituidos por arenas de grano medio a fino, sin cohesión con alto contenido de sales, las mismas que destacan en superficie a manera de costras por efectos de evaporación por capilaridad (Sector de Las Salinas), fotografías 2.4 y 2.5.



Fotografía 2.4: Se observan depósitos de sal a manera de costras sobre la superficie de pozas que se extienden en los depósitos cuaternarios, se evidencian más hacia el sector sur de la laguna La Milagrosa, (Coordenadas: 312836.53 m E - 8612521.25 m S).



Fotografía 2.5: Estas costras de sal, llegan a tener un espesor promedio de 15 cm, (Coordenadas: 312921.34 m E - 8612514.55 m S).

2.5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Dentro del área de estudio no se observa estructuras principales como plegamientos (anticlinales y sinclinales), ni sistemas de fallas; sin embargo, se encuentra enmarcado y ha sido afectada por la tectónica desarrollada durante la orogénesis andina que dio lugar a plegamientos con ruptura; así mismo, se puede inferir una falla geológica que cruzaría los cerros Honda y Yaya, por la presencia de fracturas en este sector.

2.6. GEOMORFOLOGÍA

Zenteno y Ayasta (2005), mencionan que el sector Las Salinas se encuentra sobre un manto eólico de arenas finas, que provinieron del litoral; estas se encuentran cubriendo una planicie aluvial antigua.

En los alrededores del centro poblado de Las Salinas, se observan colinas por depositación de material eólico, con pendientes muy bajas, entre 5 a 10°, que han sido modificadas en su superficie original, por la actividad antrópica (Construcción de viviendas y vías de accesos), fotografía 2.6.



Fotografía 2.6: Planicie desértica sobre la base de los cerros Yaya y Lapalapa, donde se deposita material eólico formando montículos de arenas.

2.7. ESTUDIO PETROGRÁFICO

En la base de los cerros Honda, Lapalapa y Yaya, hacia el noroeste de las Salinas de Chilca, aflora la Formación Lurín, con pendientes de 15 a 30°, los estratos se encuentran en la dirección N 315°, con buzamiento de 22° al NE. En este sector se extrajo la muestra 1375531-001R, para su estudio petrográfico.

El estudio petrográfico, comprende la descripción macroscópica y microscópica. La descripción macroscópica se realiza a través de una inspección visual ayudada por una lupa de mano o un estereomicroscopio. La descripción microscópica se realiza a través de secciones delgadas observadas en el microscopio de polarización, determinando los minerales constituyentes de la roca, asociaciones, aspectos texturales, porcentajes cualitativos y alteraciones.

Análisis de porosidad: Consta de una descripción de la muestra y características del sistema poral, la cual fue descrita siguiendo la clasificación textural de Schmidt y Mc Donald (1979) para rocas detríticas y siguiendo la clasificación de Choquette y Pray (1970) para rocas calcáreas.

En el cuadro 2.1, se muestran los valores usados para caracterizar la abundancia y tamaños porales.

Cuadro 2.1: Valores usados para caracterizar la abundancia y tamaños porales.

ABUNDANCIA DE POROS (%)		TAMAÑO PORAL (mm)	
0 - 5	Baja	< 0,004	Criptoporos
5 - 10	Moderada	0,004 - 0,062	Microporos
10 - 15	Buena	0,062 - 0,25	Mesoporos
15 - 20	Muy buena	0,25 - 1,0	Macroporos
> 20	Excelente	1,0 - 4,0	Megaporos

2.7.1. Resultados del estudio petrográfico:

El estudio petrográfico clasifica a la muestra 1375531-001R, como una roca, CALIZA MUDSTONE, que presenta una porosidad primaria con una distribución heterogénea, de baja abundancia de poros, con predominancia de mesoporos en el tamaño de los poros (0.062 – 0.25 mm), con textura fisural. En el cuadro 2.2, se observa la variación porcentual del tamaño de poros de la muestra, el cuadro 2.3, muestra la descripción macroscópica y microscópica, y el cuadro 2.4, muestra la descripción mineralógica de la muestra.

Cuadro 2.2: Variación porcentual del tamaño de poros:

Tamaño	(%)
Criptoporos	5
Mesoporos	75
Microporos	20
Total (%)	100

Cuadro 2.3: Descripción Macroscópica y Microscópica de la muestra 1375531-001R.

<p>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA: Roca sedimentaria compacta no clástica de color gris oscuro. Está compuesta por finos agregados carbonatados y microgramos de cuarzo. Presenta fracturas libres y algunos con óxidos de hierro. Asimismo, presenta fuerte efervescencia al ácido clorhídrico. (Muestra 1375531-001R).</p>	
<p>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA: Roca sedimentaria no clástica con textura matriz – soportada. Está compuesta por granos de cuarzo, bioclastos reemplazados por calcita espática, trazas de zircón y minerales opacos. La matriz está compuesta por agregados criptocristalinos de calcita micrítica intercalados con delgadas laminaciones de materia orgánica. Además, presenta óxidos de hierro en microfracturas, por lo que podemos clasificarla como una caliza mudstone. (Captura microscópica de la muestra).</p>	

Cuadro 2.4: Descripción Mineralógica de la muestra 1375531-001R:

Mineral			Tamaño (mm)	%
COMPONENTES	Alogénicos o Detríticos	Cuarzo, se presenta como granos monocristalinos y escasos policristalinos, subangulosos y subredondeados de alta y baja esfericidad. Ocurre a modo de granos flotantes en la matriz.	≤ 0,40	4
	Accesorios	Minerales Opacos, se presenta con formas subhedrales a anhedrales. Ocurre como cristales libres diseminados y en agregados puntuales. Por sectores se encuentran alterados a óxidos de hierro.	≤ 0,05	1
MATRIZ	La matriz presenta textura criptocristalina. Está compuesta por agregados de calcita micrítica intercalados con finas laminaciones de materia orgánica.		< 0,005	73
CEMENTO	Se encuentra constituida por la calcita espática que se encuentra de forma intergranular en la matriz.		< 0,01	6
SECUNDARIOS	Carbonatos, microcristales de formas anhedrales y subhedrales, ocurre a modo de agregados irregulares, se encuentran como reemplazamiento de los moldes de granos y fracturas.		< 0,05	14
	Material carbonoso, agregados lenticulares se encuentran como producto de alteración de la materia orgánica.		≤ 0,10	1
	Óxidos de hierro, se presenta a modo de concentraciones micro a criptocristalinas en microfracturas, como alteración de óxidos de hierro.		< 0,05	1

En base a los cuadros 2.3 y 2.4, se clasifica a la roca como una caliza mudstone. Cabe resaltar que el sector, donde se recolectó la muestra, presenta débil grado de alteración de oxidación y carbonización (Formación del carbono a partir restos orgánicos), y moderado grado de alteración de carbonatación (Formación de carbonato de calcio).

CAPÍTULO III ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

3.1. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

Los trabajos de campo se realizaron del 14 al 22 de marzo del 2018, durante este tiempo se levantó el registro de nueve (9) fichas de campo de aguas subterráneas y superficiales, de las cuales se muestrearon ocho (8) fuentes de agua para su análisis hidroquímico, el resumen se detalla en el cuadro 3.1 y las fichas se encuentran en el (Anexo 1).

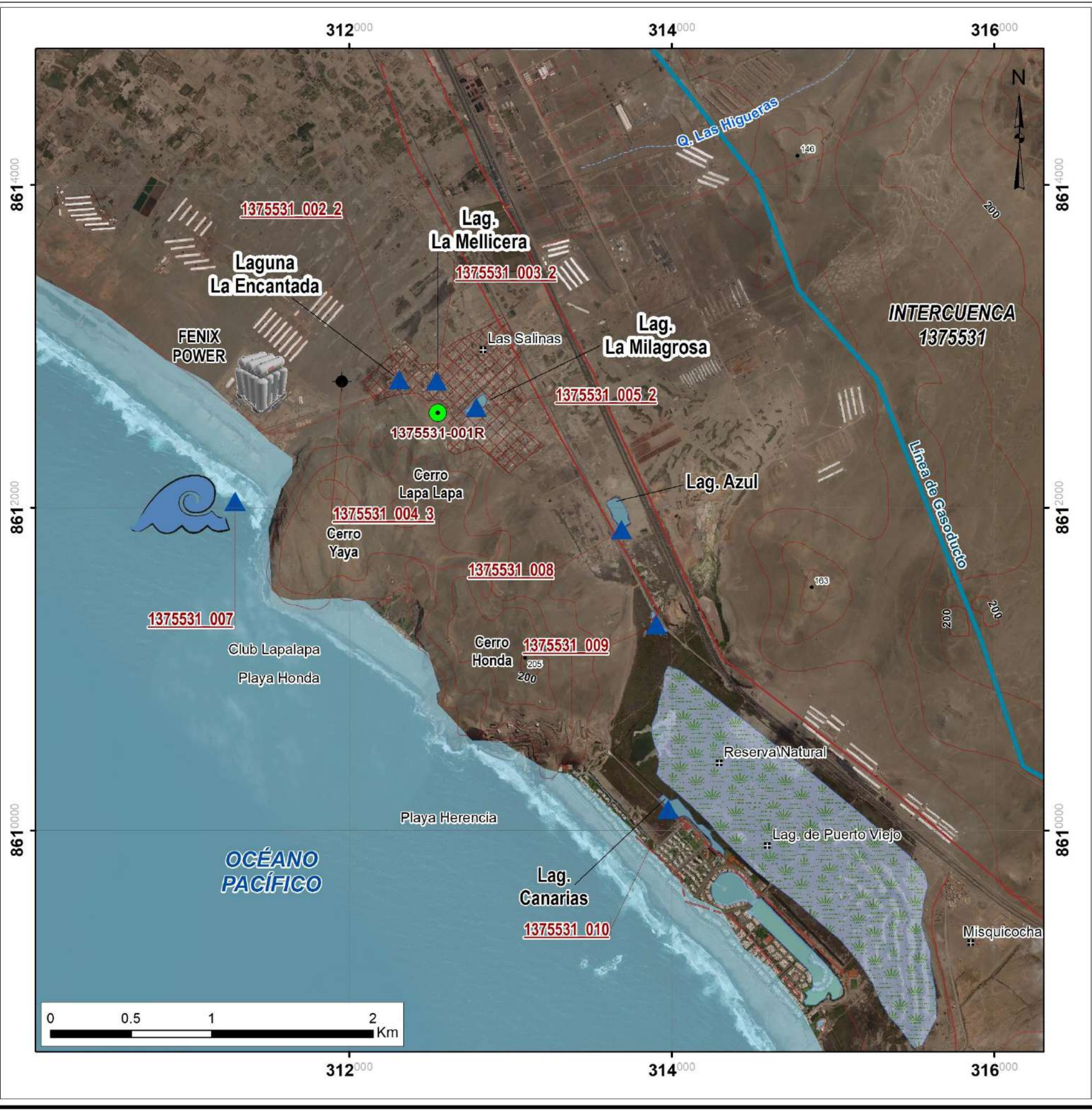
Las medidas de parámetros fisicoquímicos e hidráulicos y la recolección de muestras, se realizaron de acuerdo a los instructivos del INGEMMET (DGAR-I-010 y DGAR-I-012). Los datos de los parámetros físicos como el pH, conductividad eléctrica, TDS, otros, fueron tomados en campo usando equipos multiparamétricos.

Cuadro 3.1 Resumen de inventario de fuentes de aguas superficiales y subterráneas en las salinas de Chilca.

N°	Código	Nombre	Este	Norte	Cota	Tipo de Fuente	Uso de la Fuente	Fecha	Temp. de la Fuente (°C)	pH	CE (uS/cm)	TDS
1	1375531_005_2	Lag. La Milagrosa	312786	8612620	15	Laguna	Balneológico	15/03/2018	29	8.58	121600.0	59580.0
2	1375531_003_2	Lag. La Mellicera	312540	8612785	13	Laguna	Balneológico	16/03/2018	27.5	8.76	104800.0	51340.0
3	1375531_004_3	PZ-001	311953	8612781	3	Piezómetro	Ninguno	18/03/2018	27.1	8.39	2912.0	1427.0
4	1375531_006	PZ-002	312885	8612595	9	Piezómetro	Ninguno	18/03/2018	28.5	7.18	201900.0	98950.0
5	1375531_002_2	Lag. La Encantada	312308	8612792	4	Laguna	Balneológico	19/03/2018	29.4	8.48	16220.0	7949.0
6	1375531_007	Mar	311291	8612039	0	Agua de mar	Balneológico	19/03/2018	18.6	7.87	53070.0	26010.0
7	1375531_008	Lag. Azul	313687	8611863	25	Laguna	Ninguno	21/03/2018	27.4	8.65	61820.0	30290.0
8	1375531_009	Lag. Puerto Viejo	313901	8611275	11	Laguna	Ninguno	21/03/2018	27.8	8.43	77280.0	37870.0
9	1375531_010	Lag. Canarias	313976	8610131	10	Laguna	Ninguno	21/03/2018	26.6	8.55	6964.0	3413.0

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 3.1 se observa que, del total de inventario de fuentes, tres (3) fuentes corresponden a las lagunas principales (La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada), también se levantó información de las otras tres (3) lagunas: Laguna Azul, Puerto Viejo y Canarias, el registro de dos (2) piezómetros y una del agua de mar, como muestra de comparación en el área de estudio, haciendo un total de seis (6) lagunas, dos (2) piezómetros y una (1) muestra local de agua de mar. El total de fuentes, se observan también en el mapa de inventario de fuentes de agua (Figura 3.1).



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VIAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Oceano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

PUNTOS MUESTREADOS HIDROGEOLOGÍA

- Piezómetro
- Punto de control
- Punto de muestra de roca

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CERCA, CASATE, LIMA

MAPA DE INVENTARIO DE FUENTES

Figura 3.1 Elaborado por: A. Moreno S.J. Flores
 Escala: 1:25 000 Proyección: UTM, UTM 18 S Datum: WGS 84

3.1.1. Pozos y piezómetros

Dentro de la zona de estudio, es importante conocer la cantidad y situación actual de los pozos y piezómetros, los datos de los niveles piezométricos nos permitirán tener una idea de la dirección de los flujos subterráneos y cómo influyen sobre las lagunas.

En el área de estudio se han instalado dos piezómetros, para observar estos niveles piezométricos. En el área de estudio existen también, once (11) pozos, según un inventario que se realizó entre los meses de julio a noviembre del 2014 (Fuente: Inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca, 2014), aunque al comprobar su existencia, se observó que estos pozos en su mayoría son pozos que se encuentran sin equipo de bombeo o con equipo de bombeo malogrado, además de encontrarse en estado de abandono por presentar alta salinidad, por lo que no se incluyeron en el inventario del presente estudio.

De acuerdo al informe de inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca, realizado por el Instituto Nacional de Recursos Naturales, la Intendencia de Recursos Hídricos y la Administración Técnica del distrito de riego de Chillón-Rímac-Lurín, la evolución del volumen de exploración mediante pozos antes del 2005, del acuífero del valle de Chilca se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1: Explotación total de los pozos en los años anteriores (MMC), Valle Chilca

Años	1966	1968	1971	1974	1982	2005
Volumen (MMC)	14.74	14.8	15.3	14.29	9.53	7.61

Fuente: Informe técnico sobre el inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca.

En el estudio se evaluaron 625 pozos en todo el Valle de Chilca, dentro del cual se encuentra el área de estudio. En el cuadro se puede observar un descenso considerable del volumen de explotación en los últimos años, esto revela que el acuífero, en la actualidad, puede presentar una menor tasa de recarga o en su defecto la explotación es menor, debido a que los pozos cercanos al litoral, se ven afectados por el ambiente marino, dejándolos en muchos casos abandonados por el aumento de salinidad en la composición de sus aguas.

En nuestra zona de estudio, el fenómeno de salinidad de aguas de los pozos y de las lagunas en general, se pone de manifiesto por registrar altos contenidos de conductividad eléctrica (Ver cuadro 3.1 de los parámetros fisicoquímicos).

3.1.2. Hidráulica subterránea

La importancia de la hidráulica subterránea se debe a que, con los resultados, se podrá determinar las características físicas y el funcionamiento del acuífero.

En el informe de inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca, se determinaron las características hidráulicas del acuífero del valle Chilca, con la técnica de evaluación de pruebas de bombeo; metodología empleada para evaluar el acuífero en condiciones casi naturales.

En dicho informe, se evaluó la capacidad de almacenamiento y la aptitud para transmitir agua, determinándose los siguientes parámetros hidráulicos: transmisividad (T), permeabilidad o conductividad hidráulica (K) y coeficiente de almacenamiento (s), observándose los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.2: Parámetros hidráulicos del acuífero del Valle de Chilca

Transmisividad (T)	2.19 x 10 ⁻² m ² /s a 5 .12 x 10 ⁻³ m ² /s
Permeabilidad (K)	2.17 x 10 ⁻³ m/s a 8.21 x 10 ⁻⁵ m/s
Coefficiente de almacenamiento (s)	1.13 %

Fuente: Informe técnico sobre el inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca.

Estos valores, nos indican que el acuífero, en esta zona, es libre y presenta de regulares a malas condiciones hidráulicas.

De acuerdo a la geología en el área de estudio, el acuífero se encuentra conformado por depósitos aluviales y en forma secundaria por depósitos eólicos y marinos. Litológicamente está constituido por gravas de diverso tamaño, arenas, limos y arcillas regularmente compactados y depositados en forma alternada, clasificándose, por estas características, como acuífero poroso no consolidado. En el sector Las Salinas, la profundidad del agua se encuentra entre los 1.2 y 2.0 m.

En el área de estudio, el flujo de las aguas subterráneas tiene una orientación de suroeste a noreste, con una gradiente hidráulica de 1.60 %.

3.2. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Luego de tener debidamente identificado el contexto geológico en nuestra área de estudio y conociendo sus parámetros hidráulicos, ya sean permeables o impermeables, podremos obtener una caracterización hidrogeológica, en base, a la capacidad de los materiales de almacenar y transmitir aguas subterráneas, así como, conocer el funcionamiento del complejo acuífero y el desplazamiento de los flujos de las aguas subterráneas.

El mapa hidrogeológico (Figura 3.2) se obtuvo en base a la geología existente en el área de estudio, mostrando a las formaciones (rocas y suelos), con su respectiva caracterización hidrogeológica. Para la representación del mapa se consideró el manual para la elaboración de mapas hidrogeológicos de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), escrita por Struckmeier y Margat (1995).

La caracterización hidrogeológica, se ha enfocado a partir de un inventario de fuentes de aguas superficiales (lagunas), subterráneas (instalación de piezómetros), y métodos geofísicos que permitieron determinar el nivel freático en la zona.

Además, se ha recolectado muestras de las fuentes de agua y roca para su caracterización hidroquímica.

3.2.1. Unidades hidrogeológicas

En el área de estudio se ha diferenciado tres unidades hidrogeológicas:

- Acuíferos porosos no consolidados.
- Acuitardos sedimentarios.
- Acuitardos Intrusivos.

Acuíferos porosos no consolidados

Representado por los sedimentos cuaternarios que comprenden los depósitos aluviales, eólicos y marinos, se localizan ampliamente en el área de estudio.

De acuerdo a su litología, permeabilidad y espesor, mayormente son libres (superficiales), en los piezómetros realizados en la etapa de campo, pudimos registrar que el nivel piezométrico se encuentra a muy poca profundidad (1.22 m para el piezómetro PZ-001 y 0.52 para el piezómetro PZ-002), lo cual demuestra la saturación de estos acuíferos, ayudando también a que los lodos se mantengan.

Estos acuíferos, tienen alta permeabilidad, por lo que representan acuíferos de alto interés hidrogeológico, siendo su máxima representación los que corresponden a los depósitos aluviales.

Los depósitos marinos y eólicos, que se depositan cerca de la línea del litoral, presentan una incidencia mínima en la hidrogeología del área estudiada. En estos acuíferos, la calidad de las aguas se ve afectada por recibir el aporte de las sales que se acumulan en superficie por las brisas salinas.

Acuitardos Sedimentarios

Representados por las formaciones Lurín, Pamplona y Chilca, se caracterizan por transmitir lentamente los flujos subterráneos. La presencia de secuencias estratigráficas hace que se condicione la dirección de los flujos subterráneos, otras capas (limos arcillas), se comportan como barreras, por ser impermeables.

Estas formaciones por su origen marino, no cuentan con reservas explotables para la captación de aguas del subsuelo, por lo que se les considera de escaso interés hidrogeológico.

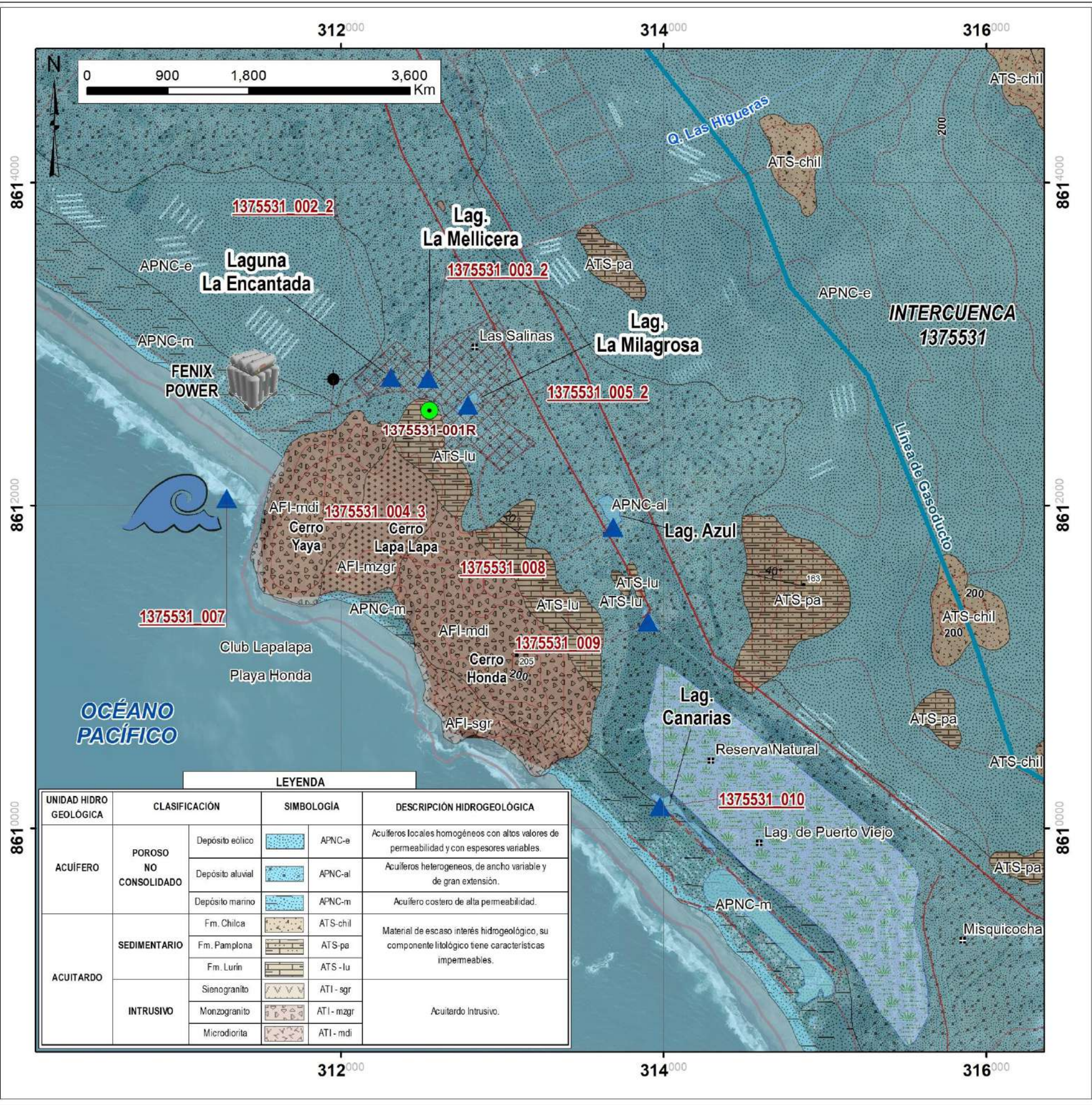
Acuitardos intrusivos

Representado por rocas ígneas intrusivas, (sienogranito y monzogranito), de muy bajo interés hidrogeológico por ser completamente impermeables.

A continuación, el cuadro 3.3 muestra el resumen de la caracterización hidrogeológica de las formaciones geológicas en la zona de estudio.

Cuadro 3.3: Caracterización hidrogeológica del área de estudio.

UNIDAD HIDRO GEOLÓGICA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA	PERMEABILIDAD	DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA
ACUÍFERO	POROSO NO CONSOLIDADO	Depósito eólico	APNC-e	Alta	Acuíferos locales homogéneos con altos valores de permeabilidad y con espesores variables.
		Depósito aluvial	APNC-al	Alta	Acuíferos heterogéneos, de ancho variable y de gran extensión.
		Depósito marino	APNC-m	Alta	Acuífero costero de alta permeabilidad.
ACUITARDO	SEDIMENTARIO	Fm. Chilca	ATS-chil	Baja	Material de escaso interés hidrogeológico, su componente litológico tiene características impermeables.
		Fm. Pamplona	ATS-pa	Baja	
		Fm. Lurín	ATS-lu	Baja	
	INTRUSIVO	Sienogranito	ATI-sgr	Nula	Materiales de escaso interés hidrogeológico, pueden almacenar agua en pequeñas cantidades en las fracturas superficiales.
		Monzogranito	ATI-mzgr	Nula	
		Microdiorita	ATI-mdi	Nula	



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VÍAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Oceano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

PUNTOS MUESTREADOS HIDROGEOLOGÍA

- Piezómetro
- Punto de control
- Punto de muestra de roca

LEYENDA

UNIDAD HIDRO GEOLÓGICA	CLASIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN HIDROGEOLOGICA
ACUÍFERO	POROSO NO CONSOLIDADO	Depósito eólico	APNC-e Acuíferos locales homogéneos con altos valores de permeabilidad y con espesores variables.
		Depósito aluvial	APNC-al Acuíferos heterogéneos, de ancho variable y de gran extensión.
		Depósito marino	APNC-m Acuífero costero de alta permeabilidad.
ACUITARDO	SEDIMENTARIO	Fm. Chilca	ATS-chil Material de escaso interés hidrogeológico, su componente litológico tiene características impermeables.
		Fm. Pamplona	ATS-pa
		Fm. Lurín	ATS-lu
	INTRUSIVO	Sienogranito	ATI-sgr Acuitardo intrusivo.
		Monzogranito	ATI-mzgr
	Microdiorita	ATI-mdi	

INGEMMET
INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CHILCA - CAÑETE - LIMA

MAPA HIDROGEOLOGICO

Figura 3.2 Elaborado por: J. Moreno & J. Flores

Escala: 1:25 000 Proyectado: 278 400 000
Datum: WGS 84

CAPITULO IV INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

4.1. GENERALIDADES

Para los trabajos de geofísica se empleó el equipo: Sistema Syscal Pro 48 Switch de Irirs Instruments - Francia de 10 canales - Electrodo de potencial y de corriente. Los métodos geofísicos de exploración, entre los que podemos mencionar el eléctrico de resistividad, miden una serie de propiedades físicas de objetos o estructuras en el subsuelo desde la superficie del terreno, que las diferencian, del medio que las rodea. En el área de estudio, se desarrollaron Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) y Tomografías Eléctricas - 2D o ERT (Electrical Resistivity Tomography); esta técnica enfocada al estudio del subsuelo, consiste en determinar la distribución de la resistividad dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno.

Las profundidades de penetración de los métodos eléctricos están directamente relacionadas con la configuración geométrica de la adquisición, número y separación de los electrodos y dependen de la resistividad del medio (Figura 4.1).

Cuando se requiere conocer la variación lateral de una formación geológica, la distribución de una pluma de contaminación, oquedades, contactos verticales, etc., se recurre a la técnica de la tomografía eléctrica; los arreglos utilizables para este método (por escoger en función de la aplicación) son Dipolo-Dipolo, Polo Dipolo, Polo Polo, Wenner Shlumberger, etc. (Summer, 1972).

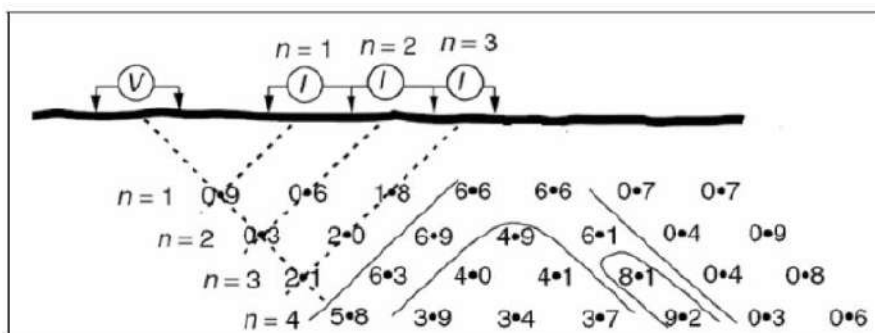


Figura 4.1: Esquema del montaje para la realización de un ERT.

Como resultado preliminar de la tomografía eléctrica se obtiene el registro de la Pseudo sección de resistividad aparente del subsuelo, a partir de datos procedentes de un dispositivo geo-eléctrico, de manera que queden registradas las variaciones laterales y verticales de dicho parámetro (modelo 2-D), se suele construir gráficamente lo que se denomina una "Pseudo-sección". Este método ofrece ventajas como: obtener mejor resolución en profundidad y su penetración es levemente más profunda a fin de observar con mayor detalle el subsuelo; así mismo, colecta datos de resistividad en 2D, usando un sistema de adquisición para 10 canales.

4.2. TRABAJOS DE GEOFÍSICA

Comprende dos (2) etapas, una de campo y otra etapa de gabinete donde se procesaron los datos recopilados. Los trabajos de campo se realizaron del 14 al 21 de marzo del 2018, consistieron en la ejecución de ocho (8) líneas geofísicas tomográficas que cubrieron un total de 3610 m de longitud, aplicando la configuración dipolo-dipolo; así mismo, se realizó tres (3) Sondajes Eléctricos Verticales. Las líneas tomográficas y los SEVs ejecutados en el área de estudio, se muestran en la figura 4.2 y en los cuadros 4.1 y 4.2.

Cuadro 4.1: Resumen de Ensayos de Tomografía Eléctrica, sector de las Salinas de Chilca – Cañete - Lima.

Perfiles de Tomografía Eléctrica	Coordenadas				Longitud (m)
	Inicio		Fin		
	Este	Norte	Este	Norte	
LT-1	312822	8612712	312958	8612523	230
LT-2	312901	8612598	312704	8612479	230
LT-3	312664	8612772	312513	8612950	230
LT-4	312407	8613176	312557	8613001	230
LT-5	312408	8612785	312242	8612971	230
LT-6	312246	8612969	312068	8612813	230
LT-7	311956	8612754	311899	8612985	230
LT-8	312778	8613563	313694	8611744	2000
				TOTAL	3610

Cuadro 4.2: Ubicación de los ensayos SEV realizados en el área de las Salinas -Chilca- Datum WGS 84 – Zona 18

SECTOR	SEV	Coordenadas	
		Este	Norte
LAS SALINAS DE CHILCA	SEV-01	312748	8612484
	SEV-02	313101	8612662
	SEV-03	313829	8611808

Fuente: GPS-Garmin –Ubicación SEV- 2018.

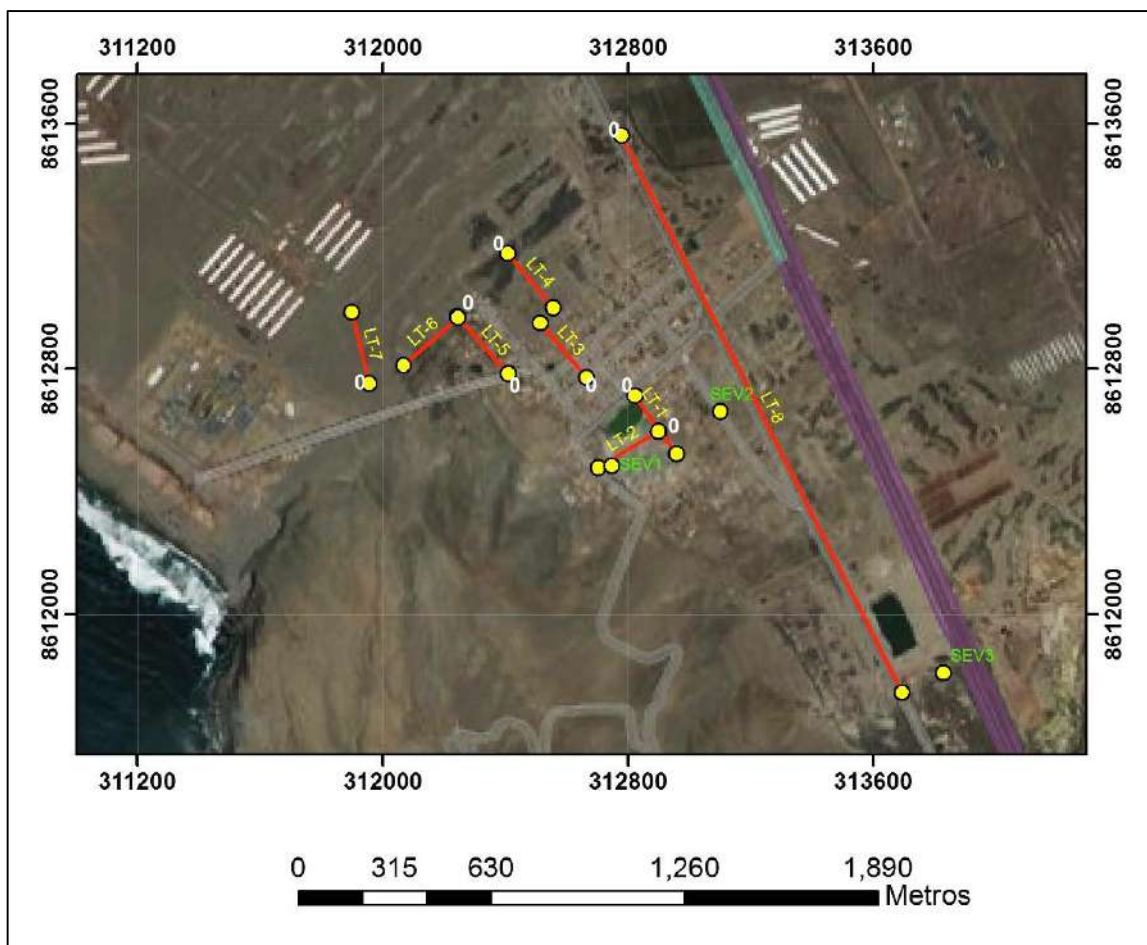


Figura 4.2: Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica y ensayos SEV en las Salineras de Chilca – Chorrillos.

La información registrada en campo, es procesada, analizada e interpretada rigurosamente en la etapa de gabinete; las características físicas de las formaciones geológicas fueron correlacionadas con la información geológica existente. La información es procesada por un software especializado de I.P – Tomografía Eléctrica, Res2DINV, obteniendo los parámetros geo-resistivos, esta información, cruzada con un amplio sustento teórico de la geología, servirán para las interpretaciones. Como producto final se obtienen perfiles representando a las zonas anómalas de interés y/o la geometría subterránea a través de cortes geológicos en el área estudiada.

4.3. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS E INTERPRETACIONES

Haciendo uso del Software Res2DINV, se obtuvo las inversiones que permite trabajar sobre las medidas de resistividad aparente obtenidas en campo y aplicando una serie de algoritmos (inversión), obtenemos secciones con la resistividad verdadera del área de estudio.

4.4. ANÁLISIS DE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS

4.4.1. Perfil de tomografía LT-1 – laguna La Milagrosa

Se realizó una sección muy cerca de la laguna La Milagrosa y paralela a la antigua panamericana sur utilizando la componente Wenner. Está ubicada en el sector este de la laguna, teniendo como inicio la entrada a dicha laguna.

La longitud total de la sección es de 230 m, separando los electrodos cada 5 metros a lo largo de 48 canales. (Fotografía 4.1). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto, con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.1: Muestra el alineamiento de la línea LT-1 paralelo al cerco y hacia el lado este de la laguna La Milagrosa. Se extendió un perfil de 230 m de longitud. En este sector se identificó una mayor concentración de agua muy salobre en profundidad.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 m. La figura 4.3, muestra una variación lateral de la resistividad. A los 160 m del perfil se puede observar una cobertura de resistividades moderadas a bajas, y por debajo se observa una zona en la que fluye en profundidad, con mayor grado, el agua muy conductiva, y hacia el sureste la zona resistiva de material aluvial poco conductivo, a este punto se le denomina “zona de discontinuidad geo-eléctrica” que se muestran a ambos extremos contrastes de resistividades. Se ha llegado a caracterizar en profundidad una anomalía geo-eléctrica relacionada a una zona saturada y/o a filtraciones de agua salobre a profundidad de 12 m a 23 m y entre los puntos 38 m a 115 m. Se presenta como una bolsónada.

Las resistividades muy bajas están relacionadas a zonas permeables, con presencia de agua salobre con valores menores a 0.55 Ohm-m, y las resistividades bajas de 0.55 Ohm-m a 2 Ohm-m están relacionadas a presencia de agua salobre y/o con contenido de elementos conductivos; valores de entre 2 Ohm-m a 27.8 Ohm-m corresponden a un material saturado de agua poco salobre o con cierto grado de humedad; y una zona de resistividades entre 27.8 Ohm-m a 197 Ohm-m corresponde a un material de arenas con contenido de fragmentos rocosos. El material más consolidado, con muy poco o sin contenido de agua tienen una resistividad mayor a 197 Ohm-m.

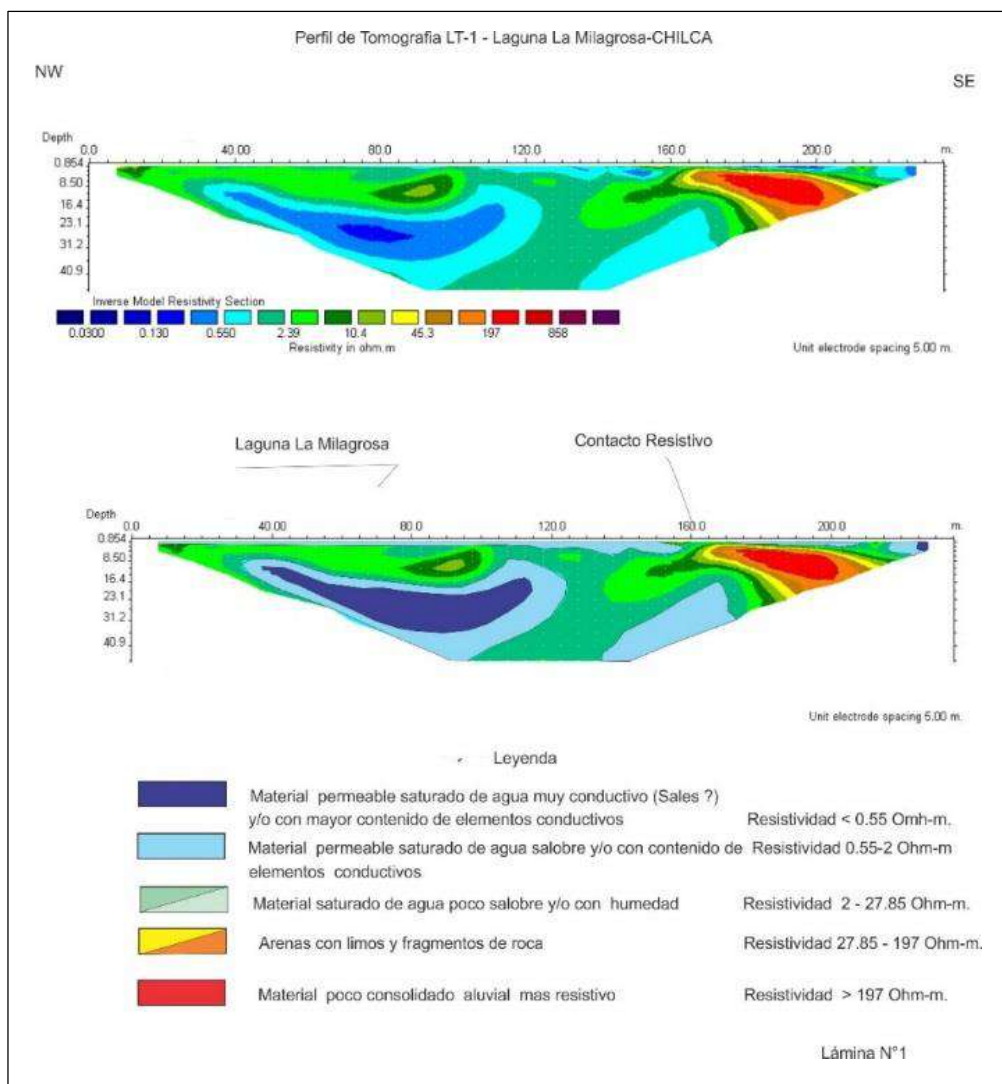


Figura 4.3: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-01, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

4.4.2. Perfil de tomografía LT-2 – laguna La Milagrosa

Se realizó transversalmente a la línea LT-1 de la laguna La Milagrosa, con rumbo de NE a SW, utilizando la componente dipolo-dipolo (D-D). La longitud total de la sección es de 230 m, separando los electrodos cada 5 m a lo largo de 48 canales (Fotografía 4.2). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.2: Muestra el alineamiento de la línea LT-2 perpendicular a la línea LT-1. Se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

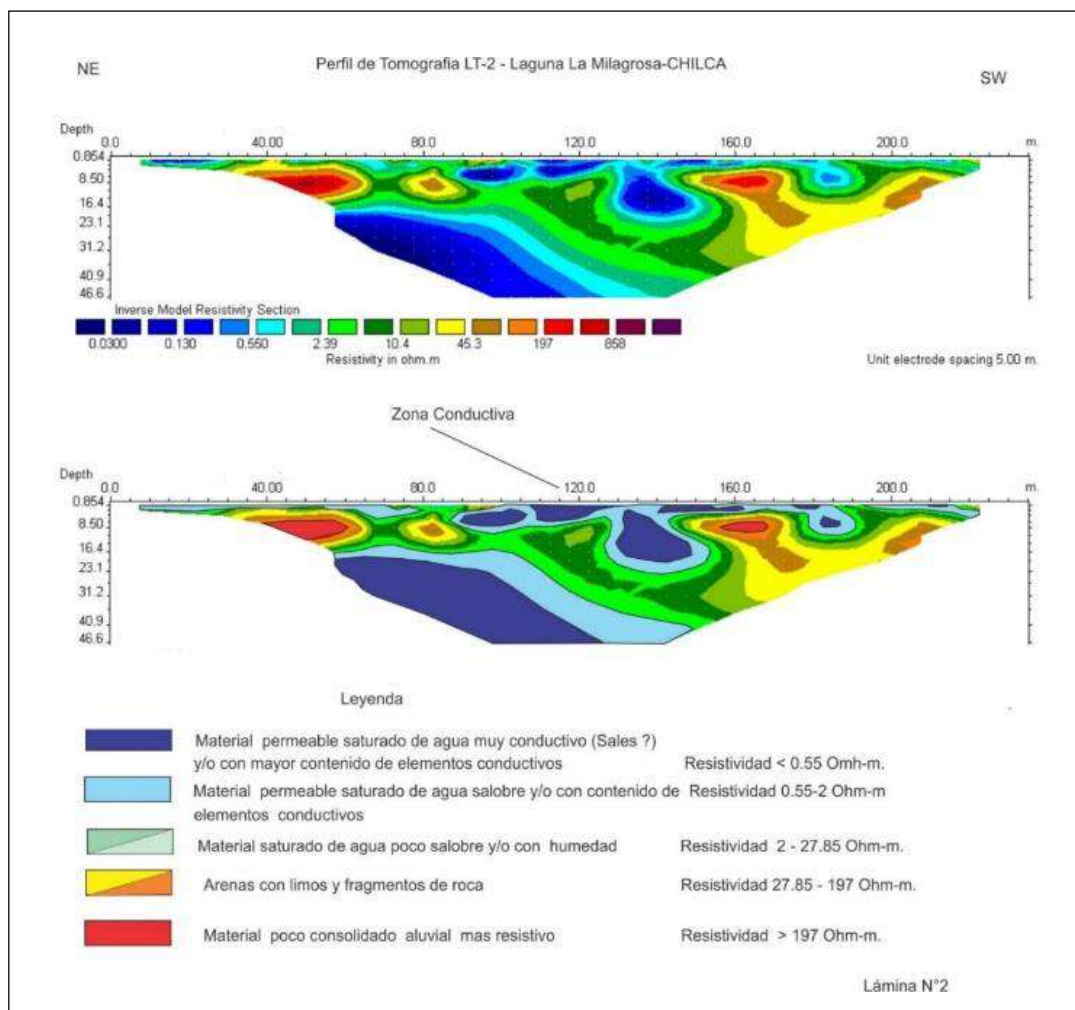


Figura 4.4: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-02, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 m. La figura 4.4, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad, se observa una zona muy conductiva en el sector central, a partir de los 90 m hasta los 170 m, y entre 5 m hasta 25 m del perfil, se puede observar una cobertura de material permeable, saturado de agua muy conductiva con zoneamientos de agua poco salobre que se acuñan a lo largo del perfil. Así mismo, se muestra una zona de resistividades muy bajas en forma de un cuerpo (bolsonada) entre 40 m a 125 m, también con agua muy salobre.

4.4.3. Perfil de tomografía LT-3 – laguna La Mellicera

Se realizó una sección tomográfica con rumbo SE-NW a una distancia de 60 m al este de la laguna La Mellicera, en una calle contigua, utilizando la componente Wenner. La longitud total de la sección fue de 230 metros, separando los electrodos cada 5 m (Fotografía 4.3). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.3: Muestra el alineamiento de la línea LT-3 en una de las calles contiguas a la laguna La Mellicera, al lado este de dicha laguna, se realizó un perfil de 230 m de longitud.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 4.5, muestra una variación horizontal y lateral de la resistividad. Desde el punto 45 m hasta el punto 98 m se puede observar una bolsonada de agua muy salobre de buen espesor y se ha determinado una discontinuidad de resistividades en el punto 150 m.

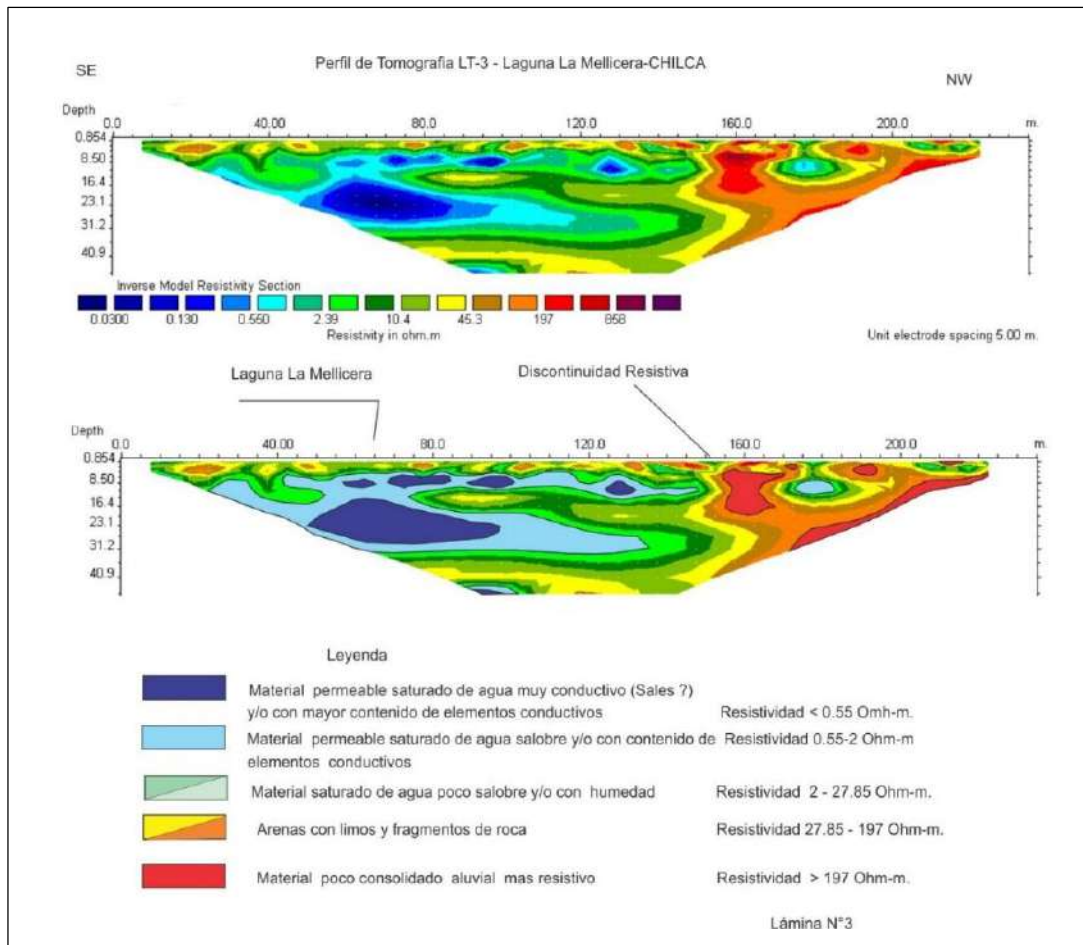


Figura 4.5: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-03, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

4.4.4. Perfil de tomografía LT-4 – laguna La Mellicera

Se realizó en una de las calles contiguas a la laguna La Mellicera un perfil de rumbo NW a SE de forma paralela a la línea de costa, utilizando la componente Wenner. La longitud total de la sección es de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros (Fotografía 4.4). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.4: Muestra el alineamiento de la línea LT-4 de forma paralela a la línea de costa, se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 4.6, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad. A partir de los 148 m hasta los 200 m, se puede observar una zona de moderada a alta resistividad, que es concordante con las resistividades obtenidas al final de la línea LT-3, así mismo, se ha determinado en superficie el material de arenas y limos de espesor entre 4 m a 6 m. También se han determinado tres anomalías muy puntuales de muy baja resistividad uno entre 30 m a 43 m; la segunda entre 90 m a 120 m.; la tercera en profundidad a 16 m entre los puntos 78 m a 100 m.

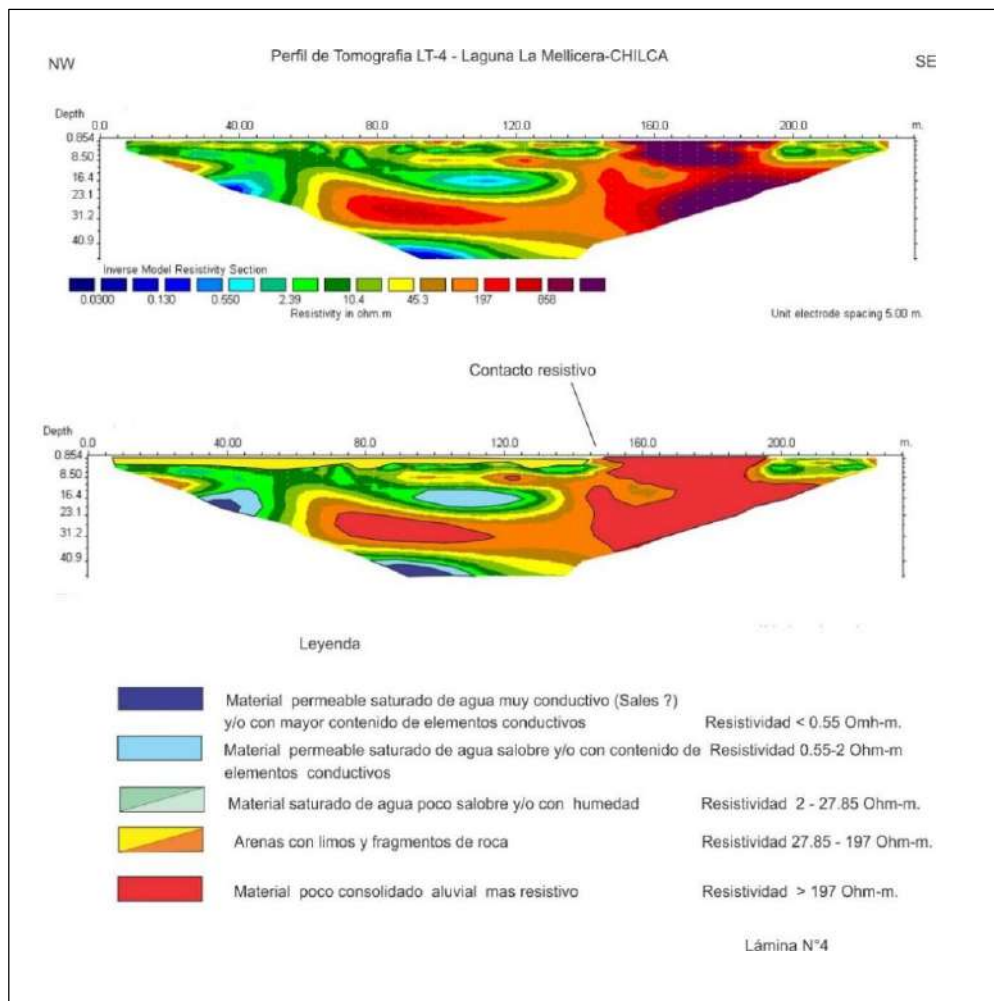


Figura 4.6: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-04, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

4.4.5. Perfil de tomografía LT-5 – laguna La Encantada

Se realizó en una de las calles aledañas a la laguna La Encantada, a 60 m de distancia respecto a la laguna sector este, perfil de rumbo SE a NW de forma longitudinal a la línea de costa, se ha utilizado la componente Wenner. La longitud total de la sección es de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros (Fotografía 4.5). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.5: Muestra el alineamiento de la línea LT-5 de forma paralela a la línea de costa, se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

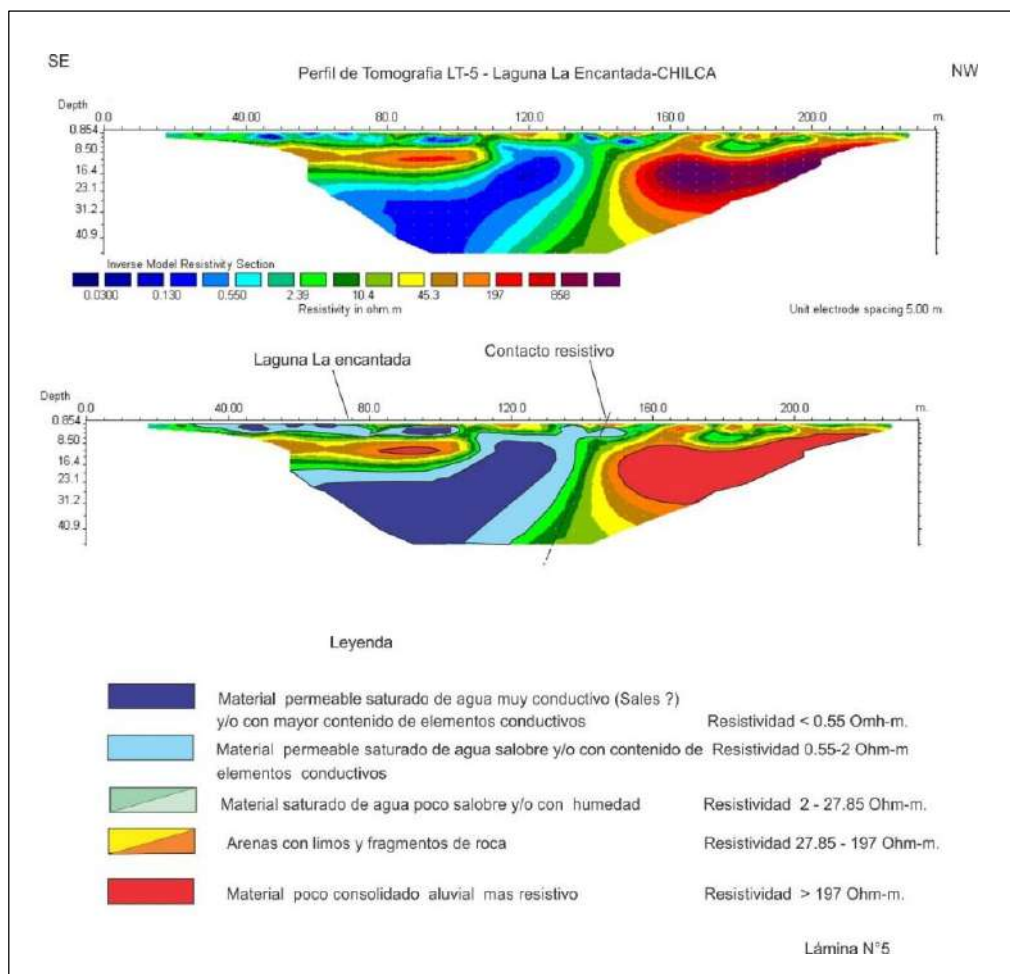


Figura 4.7: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-05, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 4.7, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad. A partir de los 50 m hasta los 135 m quedando esta bolsonada de material con contenido de agua salobre abierta hacia el SE. Se puede observar una cobertura superficial de material areno limoso antrópico. Así mismo, se ha determinado un contacto resistivo en el punto 147 m, que divide dos bloques resistivos hacia el SE de material muy salobre y hacia el NW la zona sin contenido de agua o resistivo.

4.4.6. Perfil de tomografía LT-6 – laguna La Encantada

Se realizó perpendicular a la línea LT-5 en empezando en el tramo final en una de las calles colindantes a la laguna La Encantada, perfil de rumbo NE a SW asimismo de forma transversal a la línea de costa, utilizando la componente Wenner. La longitud total de la sección es de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros (Fotografía 4.6). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.6: Muestra el alineamiento de la línea LT-6 de forma transversal a la línea de costa, se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 4.8, muestra una variación lateral, en profundidad, de la resistividad. A partir de los 120 m se puede observar una zona de ruptura del material sin contenido de agua y por este ducto estaría canalizando el agua poco salobre; así mismo, se ha llegado a caracterizar a profundidad de entre 6 a 8 m y entre los puntos 55 a los 103, con espesor delgado de 3 a 4 m elongado, una delgada capa saturada de agua, mayormente salobre.

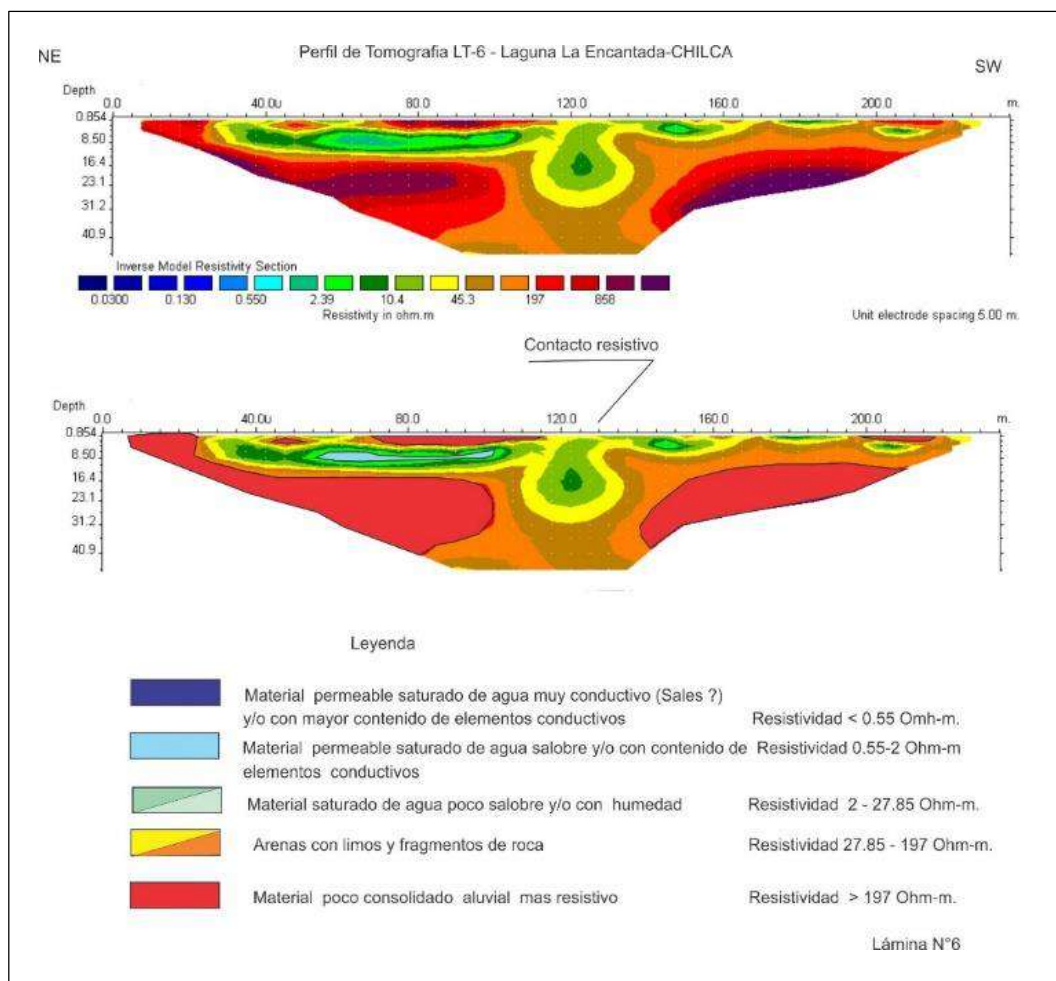


Figura 4.8: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-06, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

4.4.7. Perfil de tomografía LT-7

Se realizó en el sector intermedio entre la empresa Fenix Power y la laguna la Encantada, cerca del piezómetro PZ-001, un perfil de rumbo SE a NW de forma paralela a la línea de costa, utilizando la componente Wenner. La longitud total de la sección es de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros (Fotografía 4.7). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <math>< 3\%</math> para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.7: Muestra el alineamiento de la línea LT-7 de forma paralela a la línea de costa, se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

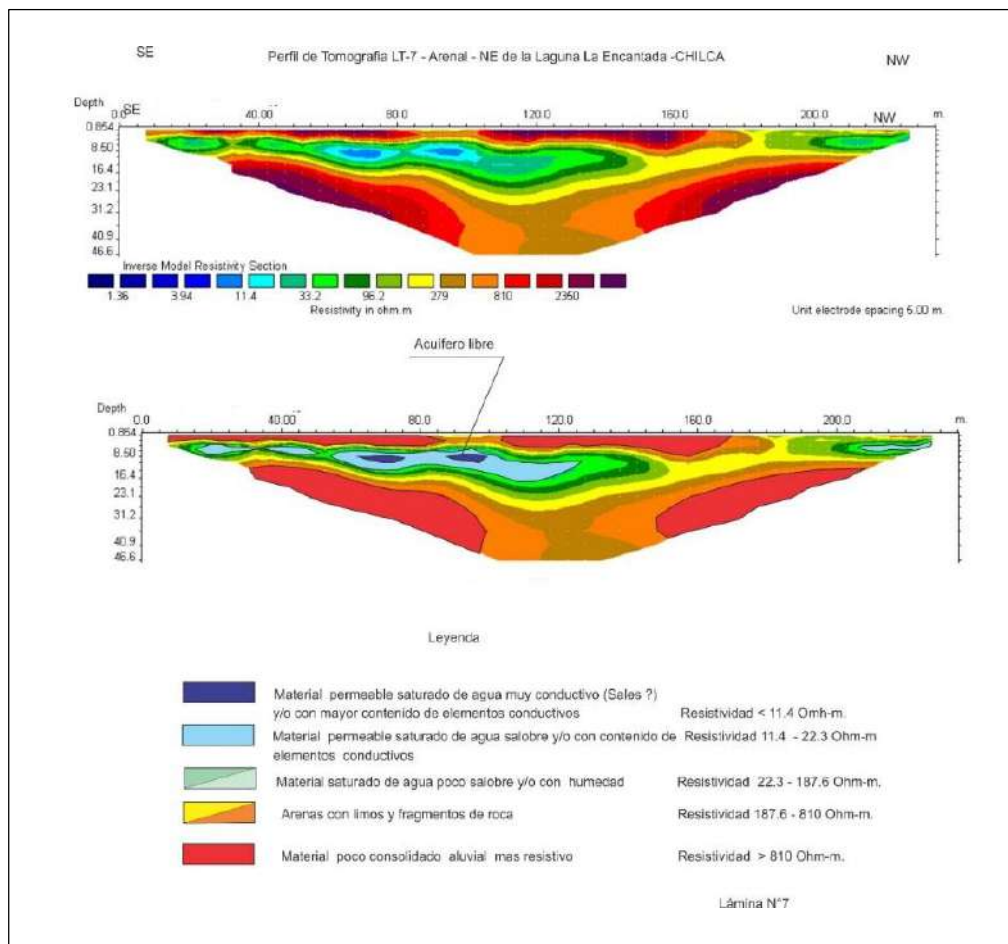


Figura 4.9: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-07, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 4.9, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad. Muestra una cobertura superficial de arenas secas de 2 m a 6 m se presenta un lente permeable saturado de agua de entre 0 hasta el punto 150 m, de espesor de 5 a 12 m. Circundado por un material resistivo sin contenido de agua.

4.4.8. Perfil de tomografía LT-8

Se realizó a lo largo de la panamericana antigua con una longitud de 2000 m, y finaliza en la laguna azul, un perfil de rumbo NE a SW de forma paralela a la línea de costa, se ha utilizado la configuración dipolo - dipolo, separando los electrodos cada 40 metros (Fotografía 4.8). El tiempo de inyección de corriente fue de 1 segundo y un mínimo de 3 iteraciones repetidas en cada punto con el fin de obtener una desviación estándar <3% para cada valor de resistividad aparente.



Fotografía 4.8 Muestra el alineamiento de la línea LT-8 de forma paralela a la línea de costa, se realizó un perfil de una longitud de 230 metros.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 100 metros. La figura 4.10, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad. A partir de los 0 m hasta los 480 m se puede observar una zona de alta resistividad de material inconsolidado y sin contenido de agua, arenas y gravas con limos; así mismo, a partir del punto 481 se denota una zona de baja resistividad que corresponde a material saturado de agua poco salobre hasta el final del perfil, también se localizan tres halos de muy baja resistividad con presencia de agua muy conductiva y/o salobre entre los puntos 160 m a 1000 m y por la parte superficial se observa la cobertura de suelo de resistividades moderadas y con espesores de 5 a 7 m.

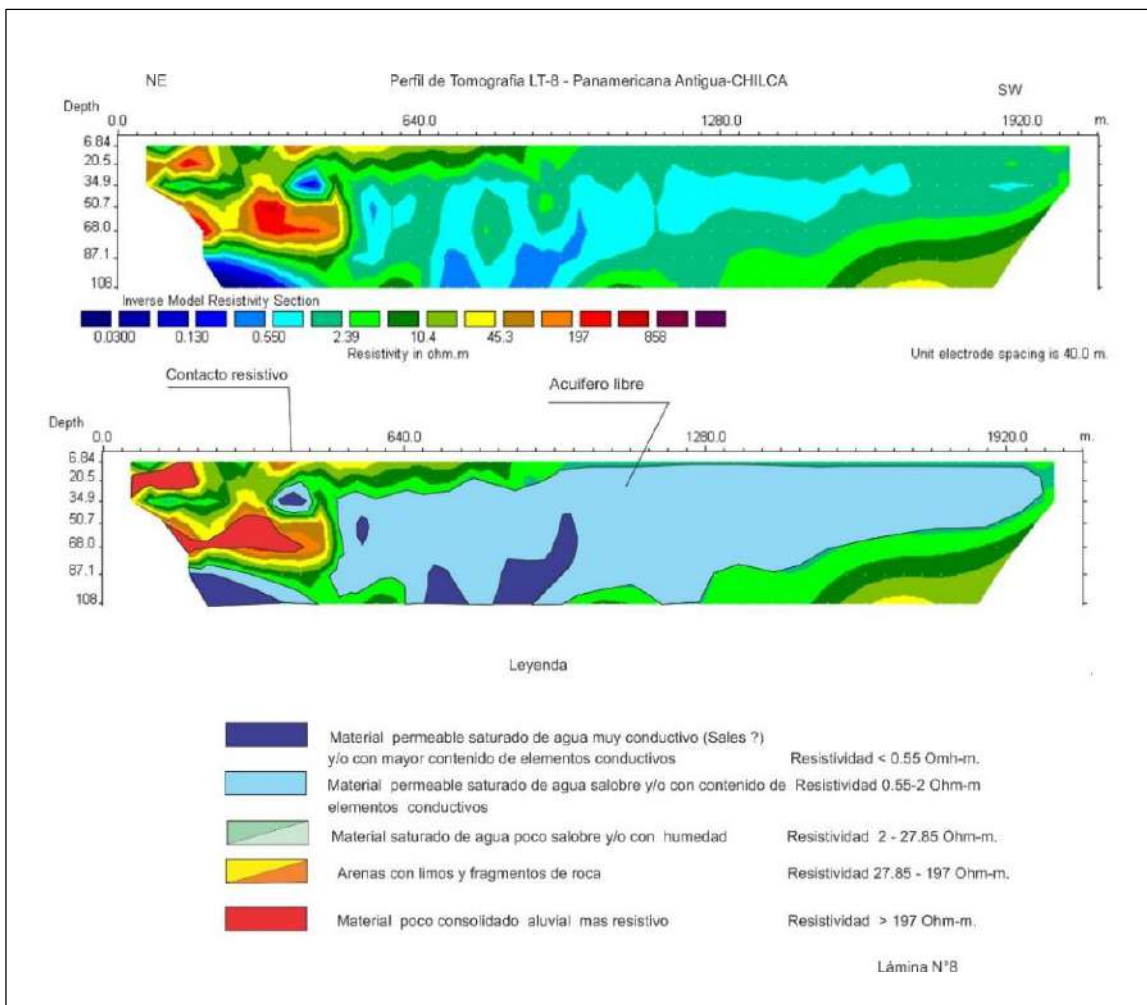


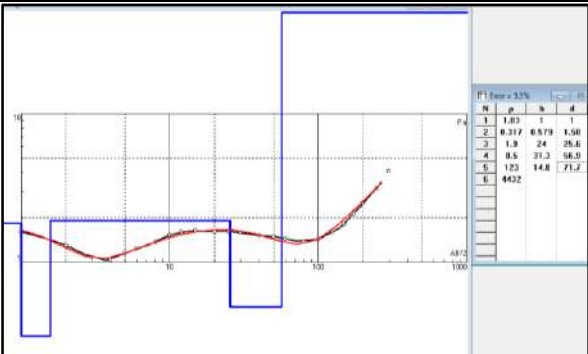

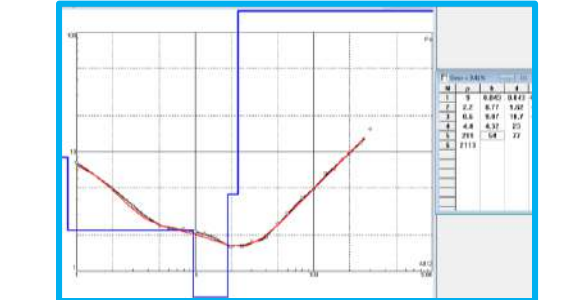



Figura 4.10: Configuración Wenner. Perfil de tomografía eléctrica LT-08, donde se observan las variaciones de las resistividades que caracterizan a los diferentes materiales.

4.5. ANÁLISIS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES – SEV

Se ha graficado dos (2) perfiles geoelectricos, en base de los resultados obtenidos de los tres (3) Sondeos Eléctricos Verticales (SEV1, SEV2 y SEV3), dentro del contorno del área de la laguna La Milagrosa, se hizo el ensayo SEV1, en el Asentamiento Humano Agüita de Coco, el SEV2; y en el sector sur del centro recreativo Ballarta de Las Salinas de Chilca, se ubicó el SEV3. Se ha correlacionado los valores de las resistividades con la litología del lugar. Se observan variaciones geofísicas para los diferentes puntos SEV en profundidad, se pueden definir: el espesor de las capas superficiales (Depósitos recientes), profundidad de la napa freática y la formación geológica que subyace al material cuaternario superficial, granulometría, permeabilidad de las capas geoelectricas existentes en el área.

Cuadro 4.3 Curvas de sondeos eléctricos de los SEVs realizados.

CURVAS DE SONDEOS ELÉCTRICOS – SEV	UBICACIÓN																												
<p>SEV1 – Curva Geoeléctrica Sector de la Laguna La Milagrosa-Chilca-Cañete-LIMA.</p>  <table border="1" data-bbox="715 456 834 562"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>p</th> <th>N</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3.19</td> <td>0.504</td> <td>0.504</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>1.37</td> <td>1.88</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.5</td> <td>1.09</td> <td>2.96</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7</td> <td>23.7</td> <td>26.7</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>86</td> <td>27</td> <td>53.7</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2114</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	N	p	N	d	1	3.19	0.504	0.504	2	1	1.37	1.88	3	0.5	1.09	2.96	4	7	23.7	26.7	5	86	27	53.7	6	2114			<p>Ubicación del SEV1 – sector de la laguna La Milagrosa-CHILCA-CAÑETE-LIMA.</p> 
N	p	N	d																										
1	3.19	0.504	0.504																										
2	1	1.37	1.88																										
3	0.5	1.09	2.96																										
4	7	23.7	26.7																										
5	86	27	53.7																										
6	2114																												
<p>SEV2 – Curva Geoeléctrica – Sector del AA.HH. Agüita de Coco-Chilca-Cañete-LIMA.</p>  <table border="1" data-bbox="715 920 834 1025"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>p</th> <th>N</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.03</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.317</td> <td>0.879</td> <td>1.50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.9</td> <td>24</td> <td>25.6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.5</td> <td>31.2</td> <td>36.5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>123</td> <td>14.8</td> <td>71.2</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4022</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	N	p	N	d	1	1.03	1	1	2	0.317	0.879	1.50	3	1.9	24	25.6	4	0.5	31.2	36.5	5	123	14.8	71.2	6	4022			<p>Ubicación del SEV2- Sector del AA.HH. Agüita de Coco CHILCA-CAÑETE – LIMA.</p> 
N	p	N	d																										
1	1.03	1	1																										
2	0.317	0.879	1.50																										
3	1.9	24	25.6																										
4	0.5	31.2	36.5																										
5	123	14.8	71.2																										
6	4022																												
<p>SEV3 – Curva Geoeléctrica – Sector de la Laguna Azul-Chilca-Cañete-LIMA.</p>  <table border="1" data-bbox="683 1346 802 1451"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>p</th> <th>N</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9</td> <td>0.840</td> <td>0.840</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.2</td> <td>8.17</td> <td>8.40</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.8</td> <td>9.87</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4.8</td> <td>6.37</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>291</td> <td>18</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>2113</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	N	p	N	d	1	9	0.840	0.840	2	2.2	8.17	8.40	3	0.8	9.87	10.4	4	4.8	6.37	25	5	291	18	77	6	2113			<p>Ubicación del SEV3- Sector de laguna Azul- CHILCA-CAÑETE – LIMA.</p> 
N	p	N	d																										
1	9	0.840	0.840																										
2	2.2	8.17	8.40																										
3	0.8	9.87	10.4																										
4	4.8	6.37	25																										
5	291	18	77																										
6	2113																												

Cada curva geoeléctrica muestra la resistividad geoeléctrica “p”, expresada en Ω -m, para cada capa de material encontrado, así como el espesor de los mismos, expresado en metros; estos resultados se correlacionaron, logrando obtener el graficado de dos (2) perfiles geoeléctricos, que se muestran a continuación:

4.5.1. Perfil geoelectrico A-A'- Sector Laguna La Milagrosa – Agüita de Coco – Chilca – Cañete – Lima

Se ubica en el sector de la laguna La Milagrosa - sector sur, sección con rumbo SW-NE (Figura 4.11), los resultados para este sector, se realizaron en base a dos (2) sondajes (SEV1 y SEV2), cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.4.

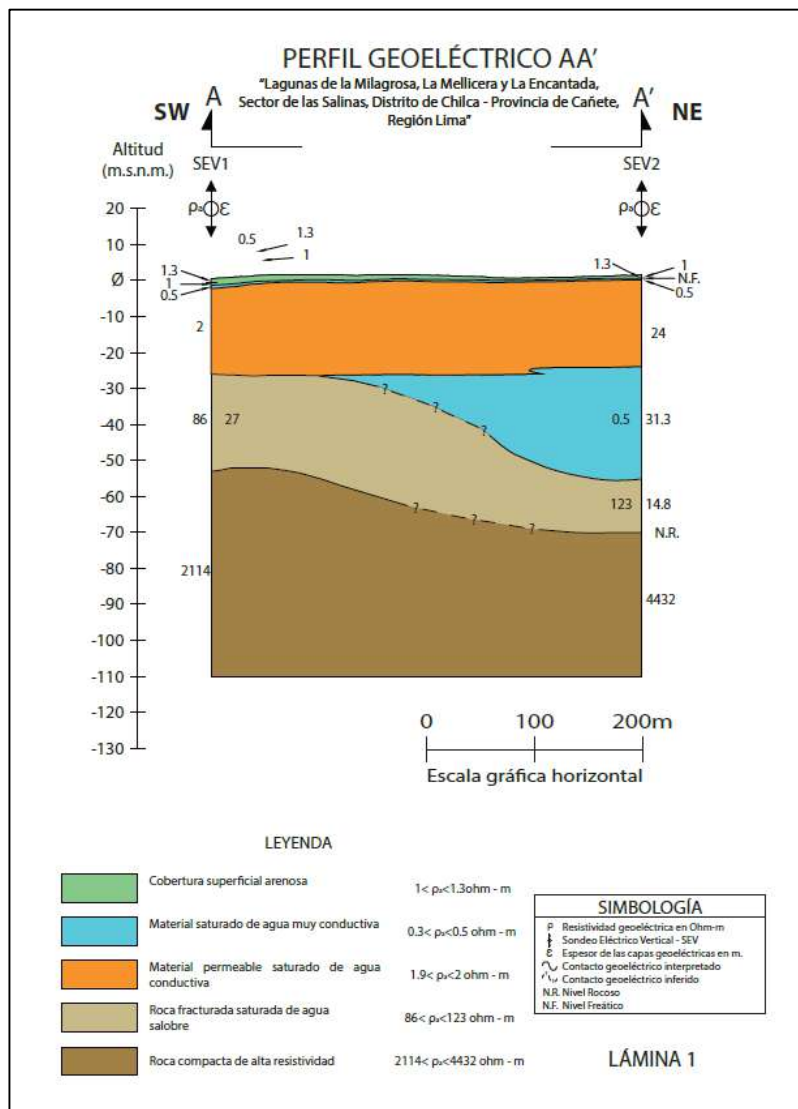


Figura 4.11: Perfil geoelectrico A-A'

Cuadro 4.4: Perfil geoelectrico A-A'- Sector laguna La Milagrosa – Las Salinas de Chilca – Cañete – Lima.

SEV	TIPO	RESULTADOS												
		DE	1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
			CURVA	ρ_1	E1	ρ_2	E2	ρ_3	E3	ρ_4	E4	ρ_5	E5	ρ_6
SEV1	QHAA	1.3	0.5	1	1.3	0.5	1	2	23.7	86	27	2114	---	
SEV2	HKHA	1.3	1	0.3	0.5	1.9	24	0.5	31.3	123	14.8	4432	---	

ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω -m)

E= Espesor de la capa en metros

La interpretación es la siguiente:

En el **SEV1**, ubicado al suroeste del perfil geo-eléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 110 metros de profundidad. En esta columna geofísica, se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de entre $\rho_a=1$ Ohmio-m a $\rho_a=1.3$ Ohmio-m y un espesor delgado de $E=1.8$ m, que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arenoso (recubrimiento); **subyaciendo a una profundidad de $Z=1.8$ m**, se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría fina y/o con contenido de elementos conductivos y/o probablemente con contenido de agua salobre, con resistividad bajas de $\rho_a=0.5$ Ohmio-m y un espesor de $E=1$ m; **subyace a una profundidad de $Z=2.3$ m**, un material permeable saturado de agua conductiva, con resistividades de $\rho_a=2$ Ohmio-m y de espesor grueso de $E=23.7$ m; **Subyace una profundidad de $Z=26.5$ m**, una capa poco consolidada alterada y/o fracturada, conductiva con resistividad de $\rho_a=86$ Ohmio-m y de espesor $E=27$ m; **Subyace a una profundidad de $Z=53.5$ m** la ROCA masiva compacta con resistividades de $\rho_a=2114$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En el **SEV2**, ubicado al noreste del perfil geo-eléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 110 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=1.3$ Ohmio-m y un espesor delgado de $E=1$ m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arenoso (recubrimiento); **subyaciendo a una profundidad de $Z=1$ m** se encuentra una capa de material inconsolidado, saturado de agua muy conductiva y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de $\rho_a=0.3$ Ohmio-m y un espesor de $E=0.5$ m; **subyace a una profundidad de $Z=1.5$ m** una capa de material inconsolidado saturado de agua conductiva y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de $\rho_a=1.9$ Ohmio-m y un espesor de $E=24$ m; **subyace a una profundidad de $Z=25.5$ m**, a manera de un lente grueso aislado, un material permeable saturado de agua muy conductiva, con resistividades de $\rho_a=0.5$ Ohmio-m y de espesor grueso de $E=31.3$ m ; **subyace una profundidad de $Z=56.8$ m**, una capa poco consolidada alterada y/o fracturada, conductiva con resistividad de $\rho_a=123$ Ohmio-m y de espesor $E=14.8$ m; **subyace a una profundidad de $Z=71.6$ m**, la ROCA masiva compacta con resistividades de $\rho_a=4432$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En este perfil geo-eléctrico indirecto, la napa freática y la roca se encuentra a profundidades, que se observan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.5: Profundidad de la napa freática y roca - sector de la Laguna La Milagrosa – AA.HH. Agüita de Coco – Chilca – Cañete – Lima.

Ensayo-SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV1	0.5	53.5
SEV2	0.5	71.6

Fuente: Prospecciones, 2018.

4.5.2. Perfil geoelectrico B-B'- Sector AA.HH. Agüita de Coco – Chilca - C.R. Ballarta de Chilca – Cañete - Lima

Se ubica entre los sectores de AA.HH. Agüita de Coco – Chilca - C.R. Ballarta de Chilca, sección con rumbo NW-SE (Figura 4.12), los resultados para este sector, se realizaron en base a dos (2) sondajes (SEV2 y SEV3), cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.6.

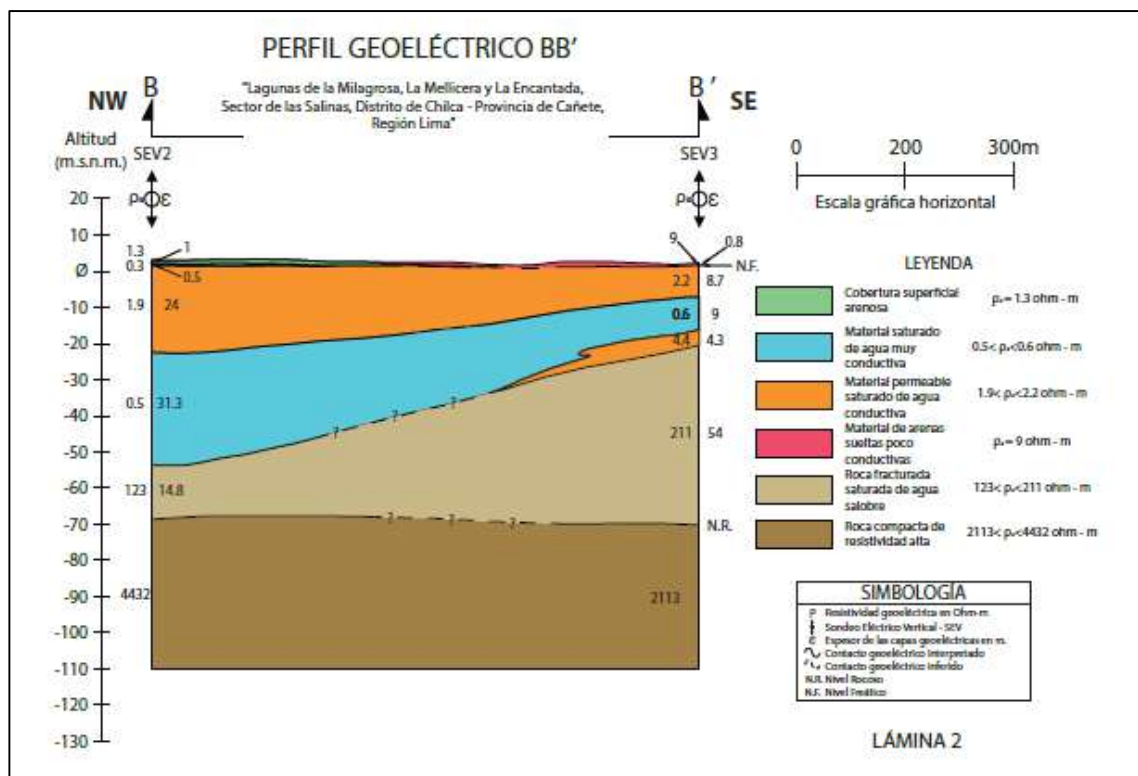


Figura 4.12 Perfil geoelectrico B-B'

Cuadro 4.6: Perfil geoelectrico B-B' – Sector de La Laguna La Milagrosa – AA.HH. Agüita de Coco – Chilca – Cañete – Lima.

SEV	TIPO	RESULTADOS												
		DE	1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
			CURVA	ρ_1	E1	ρ_2	E2	ρ_3	E3	ρ_4	E4	ρ_5	E5	ρ_6
SEV2	HKHA	1.3	1	0.3	0.5	1.9	24	0.5	31.3	123	14.8	4432	---	
SEV3	QHAA	9	0.8	2.2	8.7	0.6	9	4.4	4.3	211	54	2113	---	

ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω -m). - E = Espesor de la capa en metros.

La interpretación es la siguiente:

En el **SEV2**, ubicado al noreste del perfil geo-eléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 110 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=1.3$ Ohmio-m y un espesor delgado de $E=1$ m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arenoso (recubrimiento); **subyaciendo a una profundidad de $Z=1$ m**, se encuentra una capa de material inconsolidado saturado de agua muy conductiva y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de $\rho_a=0.3$ Ohmio-m y un espesor de $E=0.5$ m; **subyace a una profundidad de $Z=1.5$ m**, una capa de material inconsolidado, saturado de agua conductiva y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de $\rho_a=1.9$ Ohmio-m y un espesor de $E=24$ m; **subyace a una profundidad de $Z=25.5$ m**, a manera de un lente grueso aislado, un material permeable saturado de agua muy conductiva, con resistividades de $\rho_a=0.5$ Ohmio-m y de espesor grueso de $E=31.3$ m; **subyace a una profundidad de $Z=56.8$ m**, una capa poco consolidada alterada y/o fracturada, conductiva con resistividad de $\rho_a=123$ Ohmio-m de espesor $E=14.8$ m; **subyace a una profundidad de $Z=71.6$ m**, la ROCA masiva compacta con resistividades de $\rho_a=4432$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En el **SEV3**, ubicado al sureste del perfil geo-eléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 110 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de $\rho_a=9$ Ohmio-m y un espesor delgado de $E=0.8$ m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura de arenas poco sueltas; **subyaciendo a una profundidad de $Z=0.8$ m** se encuentra una capa de material inconsolidado permeable saturado de agua conductiva con resistividades bajas de $\rho_a= 2.2$ Ohmio-m y un espesor de $E= 8.7$ m; **subyace a una profundidad de $Z=9.5$ m**, un material permeable saturado de agua muy conductiva, con resistividades de $\rho_a= 0.6$ Ohmio-m y de espesor de $E=9$ m; **subyace a una profundidad de $Z= 18.5$ m**, una delgada capa de material permeable saturada de agua conductiva y por debajo **subyace a una profundidad de $Z= 22.8$ m**, la roca poco consolidada alterada y/o fracturada, con resistividad de $\rho_a=211$ Ohmio-m de espesor $E=54$ m; **subyace a una profundidad de $Z=76.8$ m**, la ROCA masiva compacta con resistividades de $\rho_a= 2113$ Ohmio-m y de espesor indefinido.

En este perfil geo-eléctrico indirecto, la napa freática y la roca se encuentra a profundidades, que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.7: Profundidad de la napa freática y roca - Sector de la Laguna La Milagrosa - AA.HH. Agüita de Coco – Chilca – Cañete - Lima.

Ensayo-SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV2	0.5	71.6
SEV3	0.8	76.8

CAPÍTULO V

HIDROQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS

En el presente capítulo conoceremos la hidroquímica de las aguas, para esto, es importante saber que la composición mineralógica de las aguas se encuentra en estrecha relación al comportamiento de los flujos subterráneos y la litología (rocas y lodos); así mismo, de manera particular para el presente estudio conoceremos la evolución que ha experimentado en relación a su concentración salina. Por otra parte, conoceremos también la calidad de las aguas a partir de la comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental DS-004-2017-MINAN.

Se analizaron ocho (8) muestras de agua, las cuales corresponden a las tres (3) lagunas principales (La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada), tres (3) lagunas próximas a la zona de interés (Laguna Azul, Laguna de Puerto Viejo y Laguna Canarias), un (1) piezómetro instalado y una (1) muestra de agua de mar.

En el análisis de la composición química, de los elementos mayoritarios y minoritarios, se obtuvieron las concentraciones de cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos y flúor por el método de cromatografía iónica, las concentraciones de mercurio por el método de espectrometría de fluorescencia atómica, las concentraciones de carbonato y bicarbonato por el método trimétrico y las concentraciones de metales disueltos (36 elementos traza) por el método de ICP-MS.

5.1. CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA

En este apartado se presenta la caracterización química de las aguas de las lagunas que se han formado sobre el acuífero costero aluvial, agua que estaría siendo aportada por el referido acuífero, mediante flujo subterráneo.

Las lagunas evaluadas son de especial interés debido a sus características químicas salinas, además de que estas lagunas son muy visitadas por las personas, con fines recreacionales (uso balneológico), debido a sus propiedades probablemente minero-medicinales.

La finalidad de estudiar las lagunas, es entender mediante la caracterización hidroquímica la procedencia de las sales hacia las lagunas. La caracterización hidroquímica de las aguas se estudia a partir de las relaciones entre las distintas variables fisicoquímicas, su distribución espacial, entre otras.

5.2. MUESTREO, DETERMINACIONES QUÍMICAS DE LABORATORIO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Para entender la química de las aguas en el sector Chilca, en la campaña de campo, realizada del 15 al 22 de marzo del 2018, se han muestreado ocho (8) fuentes de interés (1 piezómetro, 6 lagunas y 1 muestra de agua de mar).

Paralelamente al muestreo de agua se realizaron diferentes determinaciones fisicoquímicas in situ, que involucraron la medición de la temperatura, pH y conductividad eléctrica.

Los análisis químicos en laboratorio incluyeron los iones mayoritarios, minoritarios y algunas trazas. La totalidad de las determinaciones fueron realizadas en el laboratorio del Ingemmet.

Para comprobar la calidad de los datos de resultados químicos de laboratorio de las fuentes muestreadas, se realizó el balance de cargas, donde se muestra que los errores son admisibles, considerando como aceptable el error de balance $\pm 10\%$ (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1: Balance de cargas.

NOMBRE	CÓDIGO	Na	Mg	K	Ca	Cl-	SO4-2	NO3-	HCO3-	Σ Cationes	Σ Aniones	% Error
		meq/L										
Laguna La Milagrosa	1375531_005_2	1651.02	156.67	67.45	2.21	1791.85	337.30	1.09	12.95	1877.53	2143.20	6.61
Laguna La Mellicera	1375531_003_2	1280.17	113.46	51.32	1.79	1313.31	325.03	0.01	20.00	1446.84	1658.34	6.82
PZ-001	1375531_004_3	24.59	0.81	0.97	0.49	17.40	4.14	0.02	4.93	26.87	26.49	0.67
Laguna La Encantada	1375531_002_2	133.45	30.25	5.88	11.98	95.96	83.53	0.01	2.25	181.64	181.74	0.05
Mar	1375531_007	469.89	99.40	11.05	16.93	584.05	51.04	0.01	1.95	597.50	637.05	3.22
Laguna Azul	1375531_008	660.66	85.12	13.02	41.76	561.26	238.63	0.01	2.25	801.10	802.15	0.10
Laguna Puerto Viejo	1375531_009	872.55	88.89	17.90	38.61	726.37	330.96	0.01	4.98	1018.62	1062.32	2.13
Laguna Canarias	1375531_010	55.98	3.92	1.53	2.20	47.59	12.93	0.01	5.85	63.65	66.38	2.12

5.3. ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

5.3.1. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es la capacidad del agua para conducir electricidad debido a la concentración de iones disueltos, cuanto mayor son los iones disueltos en el agua, mayor es la conductividad eléctrica, de acuerdo a esta definición, el gráfico 5.1 muestra que las fuentes 137531_005_2, 137531_003_2, 1375531_008 y 1375531_009 presentan valores de conductividad eléctrica que superan el valor de las aguas del mar (CE: 53070 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y varían de 61820 a 121600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidentemente se trata de aguas muy salinas (aguas hipersalinas o salmueras).

Otro grupo de fuentes (1375531_004_3, 1375531_002_2 y 1375531_010), cuyos valores se encuentran entre variando entre 2912 a 16220 $\mu\text{S}/\text{cm}$, las clasificamos como aguas salobres.

5.3.2. pH

En general, las fuentes presentan valores de pH ligeramente alcalino (Gráfico 5.2), que varían de 8.39 a 8.76, dichos valores están por encima del valor de pH del agua de mar (7.87 unidades de pH), pero por debajo del límite de los ECAs de aguas superficiales destinadas para recreación, contacto primario, cuyo valor límite es 9.

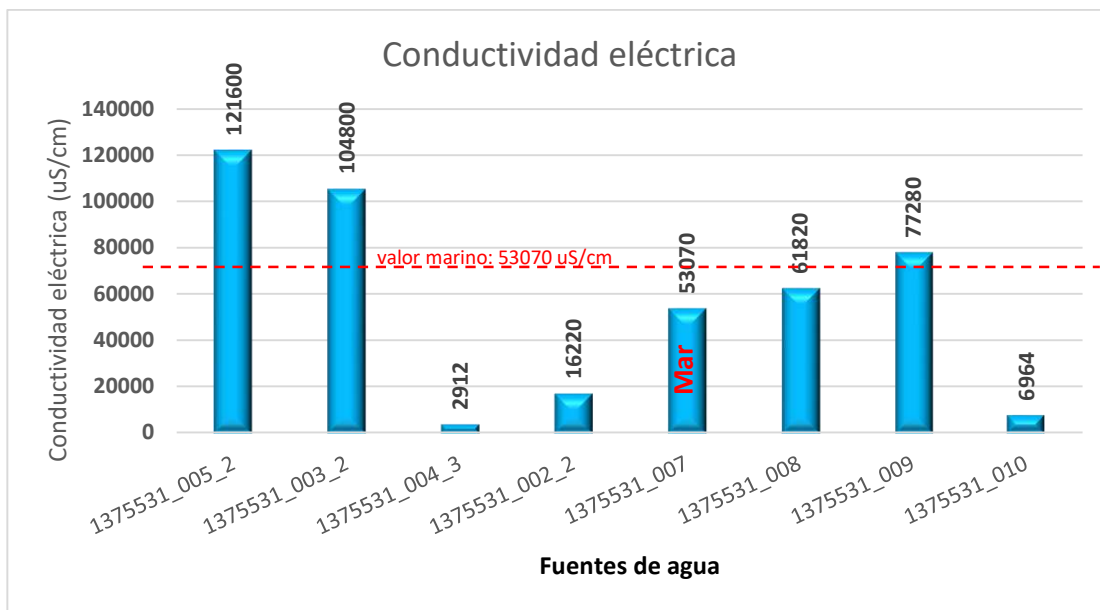


Gráfico 5.1: Variación de la conductividad eléctrica

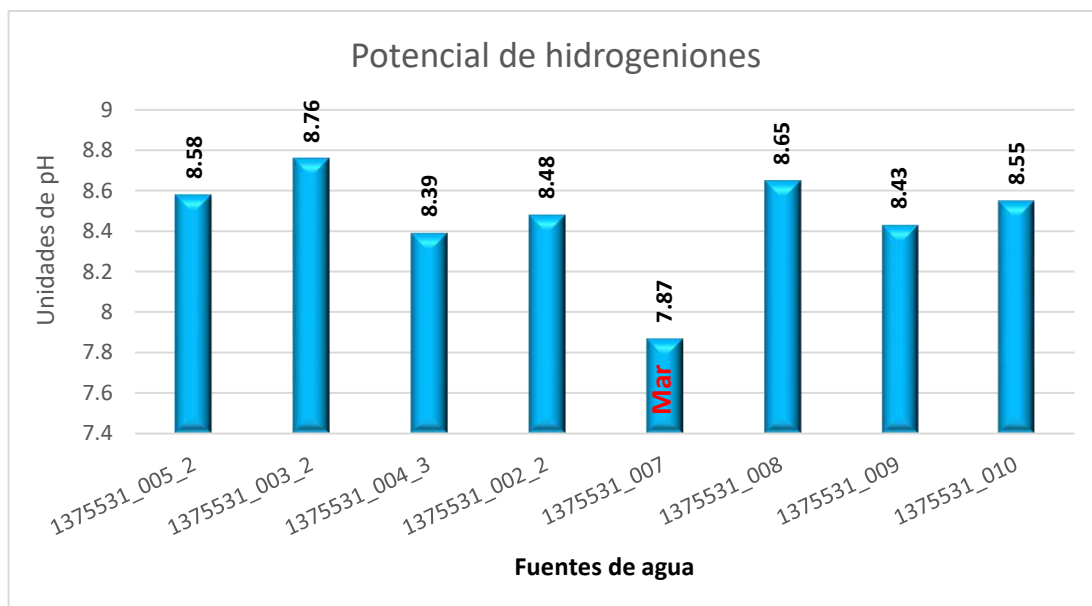


Gráfico 5.2: Variación de pH

5.4. ANÁLISIS DE PARÁMETROS QUÍMICOS

5.4.1. Diagrama de Piper

Según el gráfico 5.3, las aguas de las fuentes muestreadas, corresponden en general a la facies clorurada sódica. En el triángulo catiónico las muestras de aguas se sitúan en el correspondiente al agua de mar, y tienen cierta tendencia de ganar Mg, además, presentan déficit de concentración de Ca. En el triángulo aniónico las aguas tienen tendencia de ganar SO₄, especialmente en la laguna La Encantada (1375531_002_2), sin embargo, pierde HCO₃, por otra parte, el piezómetro PZ-0001 (1375531_004_3) y la laguna Canarias (1375531_010) ganan HCO₃ y SO₄ y pierden en cierta medida Cl.

Podrían interpretarse como flujos que han estado en circulación subterránea un largo tiempo, pero en este caso la facies clorurada sódica proviene de las sales cristalizadas en los materiales cuaternarios, por los cuales fluyen estas aguas antes de emerger a las lagunas.

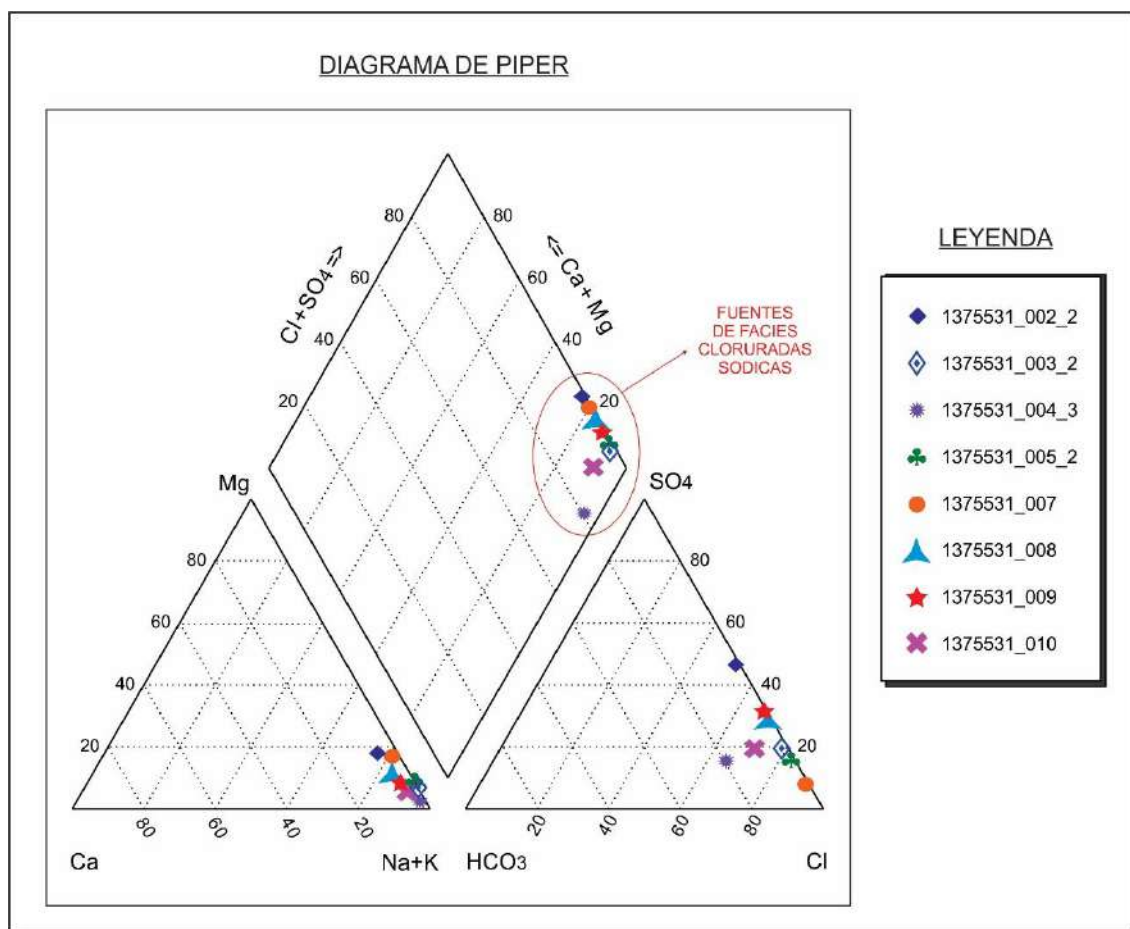


Gráfico 5.3: Diagrama de Piper

5.4.2. Diagramas de Stiff

Para representar espacialmente y según los niveles de concentración de los iones para cada punto de agua muestreada se ha agrupado en 4 grupos (Figura 5.1):

Límite 25 meq/L: constituido por el piezómetro PZ-001 (1375531-004_3).

Límite 130 meq/L: conformados por las lagunas La Encantada (1375531-002_2) y Canarias (1375531-010).

Las aguas de los grupos anteriores presentan concentraciones de sales menores a 130 meq/L, que se interpretarían como aguas de mezcla (aguas salobres) entre agua salada y dulce. Estas fuentes están ubicadas muy próximas al mar, el piezómetro y las lagunas La Encantada y Canarias, son propensas a la influencia marina debido a que no existe una barrera natural de material impermeable entre las aguas del acuífero poroso no consolidado y el mar.

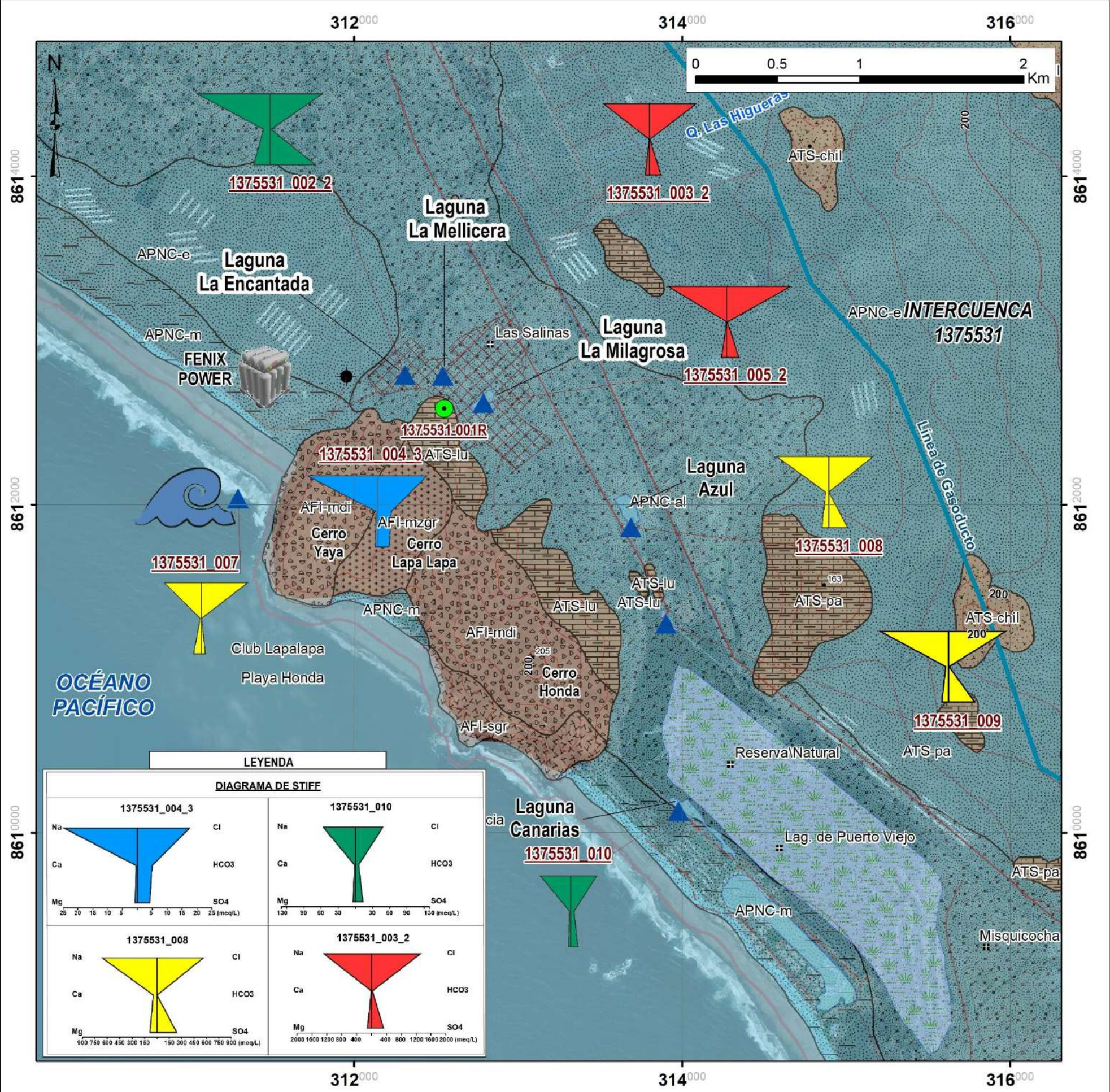
Límite 900 meq/L: constituido por aguas salinas de las lagunas Azul (1375531-008) y Puerto Viejo (1375531-009), las cuales presentan características químicas similares al agua de mar (1375531-007).

Límite 2000 meq/L: representado por aguas hipersalinas correspondientes a las lagunas La Mellicera (1375531-003_2) y La Milagrosa (1375531_005_2).

Las lagunas Azul, Puerto Viejo, La Mellicera y La Milagrosa, se ubican detrás de una barrera natural, principalmente de rocas intrusivas que separa muy localmente las aguas de mar y acuífero aluvial, que evita la influencia directa del mar hacia las lagunas; sin embargo, estas lagunas tienen altas concentraciones de sales, especialmente de cloro y sodio, proveniente de los flujos subterráneos, los cuales pasan por depósitos marinos, eólicos, aluviales, los cuales presentan costras de sal, que se formaron diagenéticamente, y estos estarían aportando dichas sales a las lagunas. También existe la posibilidad que lateralmente (sectores norte y sur) se produciría aporte de agua de mar, aunque este sería mínimo.

El origen de la alta concentración de sales en las lagunas ubicadas detrás de la barrera de rocas intrusivas no solamente se debe al aporte por disolución de sales contenidas en los materiales cuaternarios, de agua de mar, y aguas salinas antiguas de origen marino, también de manera importante se produciría por concentración de sales por evaporación parcial y la regular tasa de renovación de las lagunas por aporte subterráneo, que conduciría a la hipersalinización especialmente de las lagunas La Mellicera (1375531-003_2) y La Milagrosa (1375531_005_2).

Mediante los diagramas de Stiff se validó la facies clorurada sódica, además, de manera secundaria se aprecia concentraciones de SO₄ y Mg.



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VIAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

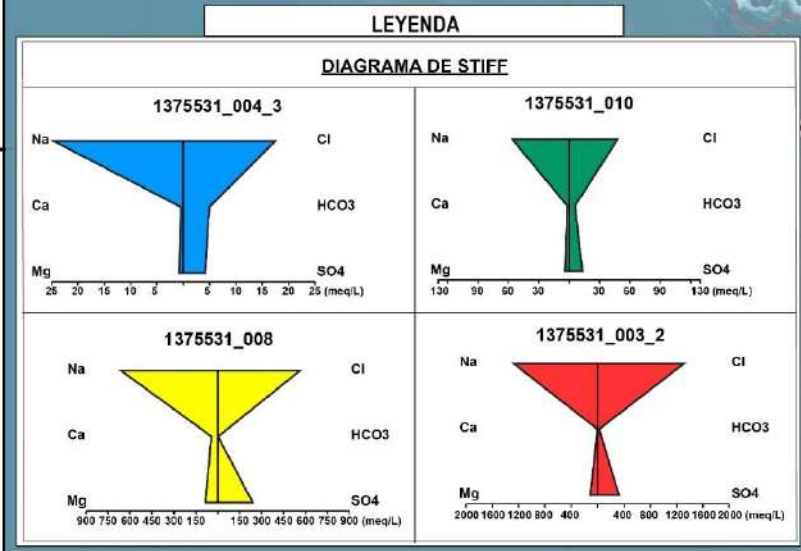
- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Oceano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

PUNTOS MUESTREADOS HIDROGEOLOGÍA

- Piezómetro
- Punto de control
- Punto de muestra de roca



INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CHIRCA - CASETE - LIMA

MAPA HIDROQUÍMICO

Figura 5.1

Elaborado por: J. Moreno S.J. Flores

Escala: 1:25 000

Proyecto: S17-UCES-04

2010-10-04

5.4.3. Relaciones iónicas

Generalmente permiten comprender las reacciones fisicoquímicas que afectan a las aguas subterráneas en su trayecto desde las áreas de recarga hacia los puntos de descarga, y guardan directa relación con los materiales que entra en contacto y procesos modificadores que pueden afectar la composición química de las aguas subterráneas.

Para el análisis de la intrusión marina en el sector de Chilca se ha considerado la concentración de cada uno de los iones mayoritarios en las aguas analizadas. De esa manera, se calcularon las siguientes relaciones iónicas $rCl/r(CO_3^{2-} + HCO_3^-)$, rNa^+/rCl^- , rMg^{+2}/rCl^- , rMg^{+2}/rCa^{+2} , rNa^+/rK^+ , y rSO_4^{2-}/rCl^- consideradas como las más relevantes a la hora de reflejar posibles procesos que puedan estar produciéndose en el área de estudio. En el cuadro 5.2 se presenta el resultado de las relaciones iónicas para cada punto evaluado.

Cuadro 5.2: Relaciones iónicas

NOMBRE	CÓDIGO	rCl/(rHCO ₃ +rCO ₃)	rNa/rCl	rMg/rCl	rMg/rCa	rNa/rK	rSO ₄ /rCl
		r=meq/L					
Laguna La Milagrosa	1375531_005_2	118.53	0.92	0.09	70.9	24.5	0.19
Laguna La Mellicera	1375531_003_2	53.39	0.97	0.09	63.5	24.9	0.25
PZ-001	1375531_004_3	3.39	1.41	0.05	1.7	25.4	0.24
Laguna La Encantada	1375531_002_2	42.1	1.39	0.32	2.5	22.7	0.87
Laguna Azul	1375531_008	235.9	1.18	0.15	2	50.7	0.43
Laguna Puerto Viejo	1375531_009	141.95	1.2	0.12	2.3	48.8	0.46
Laguna Canarias	1375531_010	7.74	1.18	0.08	1.8	36.6	0.27
Mar	1375531_007	294.36	0.8	0.17	5.9	42.5	0.09

Fuente: elaboración propia

Relación $rCl^- / (rCO_3^{2-} + rHCO_3^-)$

La relación presenta unos valores entre 0.1 y 5 en aguas continentales, con pH mayores de 7; y entre 20 y 50 en el agua de mar (Custodio y Llamas, 1983). Un continuo crecimiento de esta relación podría indicar un posible proceso de incorporación selectiva de cloruros y cambios bruscos pueden señalar los límites entre agua de distintos orígenes (Custodio 1978).

De acuerdo al cuadro 5.2 y figura 5.2, el agua del piezómetro PZ-001 presenta un índice de 3.39 que corresponde a agua de origen continental, para el agua de la laguna Canarias el índice se incrementa a 7.74 clasificándose como agua de mezcla (agua salada y dulce), para el resto de las lagunas los índices se incrementan en gran medida evidenciando el incremento de la salinización.

El máximo índice de 294.36 corresponde al agua de mar local, a partir de este punto, las lagunas tienen un índice más bajo (que el índice del mar), aunque tienen mayores concentraciones del ión cloruro, lo que nos indica que en las lagunas Azul, Puerto Viejo, La Mellicera y La Milagrosa se estaría produciendo la disolución de carbonatos de calcio, producido por el fuerte incremento de la salinización. Dichos carbonatos tendrían origen por disolución de las calizas de la Formación Lurín que afloran muy próximos a las referidas lagunas.

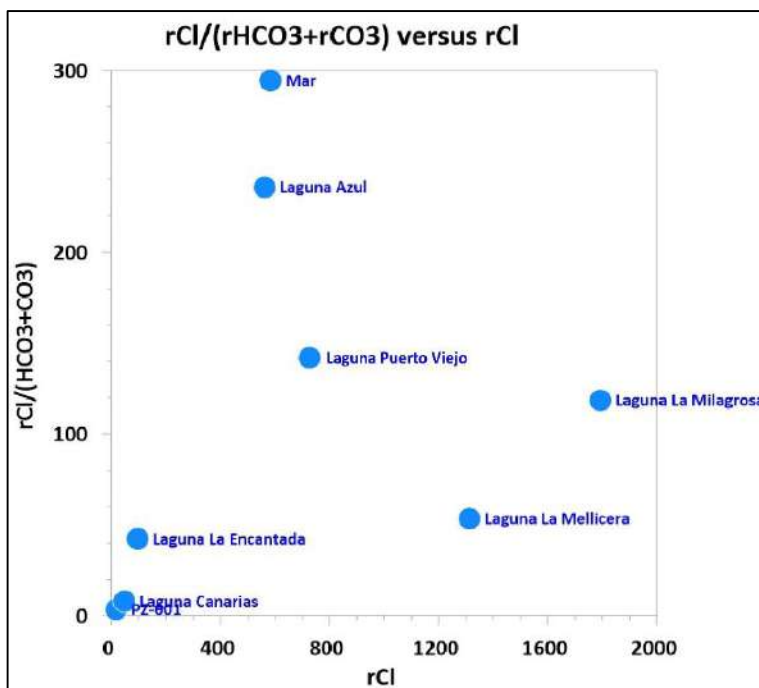


Figura 5.2: Relación $rCl/r(CO_3 + HCO_3^-)$ versus rCl -

Relación rNa^+ / rCl^-

Para la muestra de agua de mar analizada, esta relación presenta un valor de 0.8; sin embargo, las otras fuentes evaluadas presentan índices de relaciones iónicas de valores más altos que varían de 0.92 (Laguna la milagrosa) a 1.41 (PZ-001), estos valores se deberían al aporte de sodio por alteración de plagioclasas que constituyen las rocas intrusivas (monzodioritas, monzonitas y granitos) presentes en el lugar, y por aporte de sales que están distribuidas en los depósitos cuaternarios del área de estudio.

Según la figura 5.3A existe una clara correlación lineal entre iones de sodio y cloruros, y la figura 5.3B evidencia que las aguas analizadas presentan índices de relaciones iónicas superiores a las del agua de mar, dichos índices tienen tendencia a decrecer con el aumento de concentración de la salinidad o cloruros, aproximándose al valor del mar.

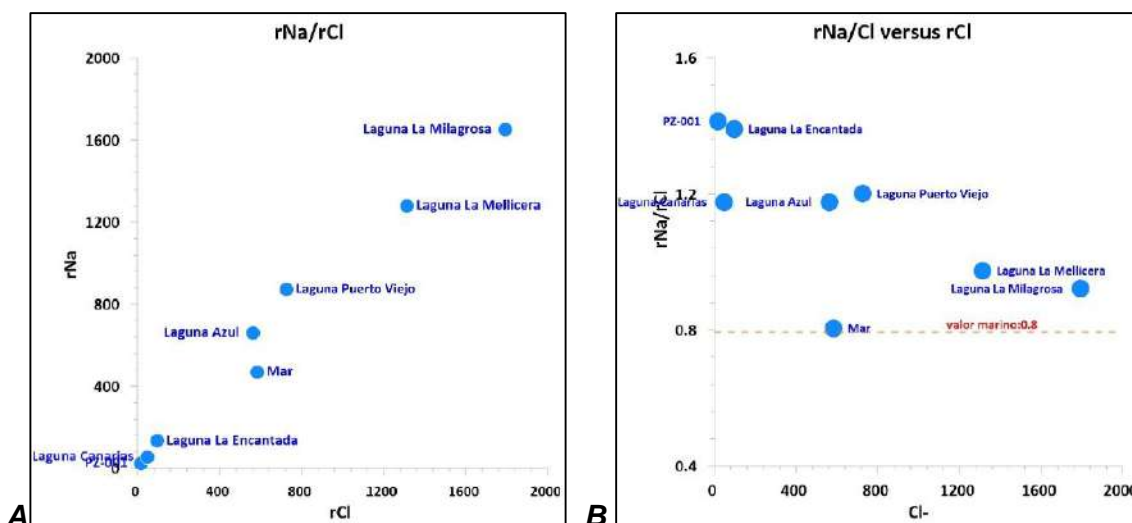


Figura 5.3: A) Relación rNa^+/rCl^- . B) Relación rNa^+/rCl^- versus rCl^-

Relación rMg^{2+} / rCl^{-}

Debido a la alta concentración de magnesio en el agua de mar, el estudio de esta relación tiene cierto interés para evaluar la posible mezcla de agua de mar y el agua dulce del acuífero poroso no consolidado, sin embargo, el estudio de esta relación debe ser tomado con precaución debido a aportes de magnesio al agua como consecuencia de la alteración de silicatos magnésicos (Custodio y Llamas, 1983)

Para esta relación el valor del agua de mar local es 0.17, los valores mínimo y máximo son 0.05 (PZ-001) y 0.32 (Laguna La Encantada) respectivamente.

La figura 5.4A muestra una buena relación lineal, se observa que, al aumentar la concentración de cloruros aumenta también la concentración de magnesio, las lagunas Azul y Puerto Viejo se sitúan en torno al valor de la relación marina. Según la figura 5.4B las aguas del piezómetro PZ-001 y de la laguna Canarias presentan índices de relaciones iónicas bastante bajas respecto al valor del mar, se trata de aguas de baja mineralización respecto al mar. En relación a laguna La Encantada, la cual presenta índice de relación iónica mayor que la del mar, se trata de un agua que está en contacto con rocas intrusivas que le estaría aportando magnesio por dilución de silicato magnésico. En las lagunas La Mellicera y La Milagrosa a mayor concentración de sales o cloruros el índice de relación iónica es menor, lo que nos permite resaltar que el magnesio tiende a precipitar.

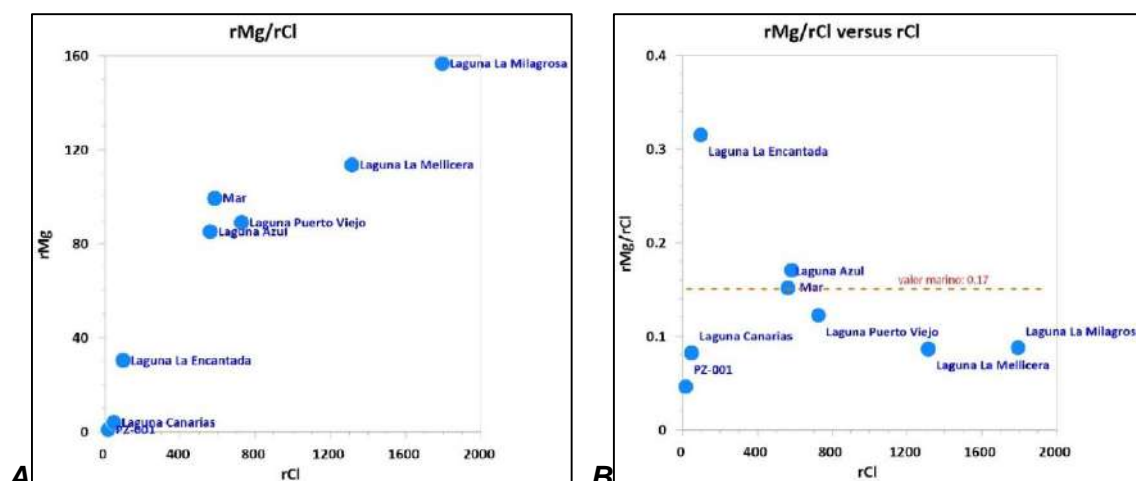


Figura 5.4: Representación de las relaciones: A) rMg^{2+} / rCl^{-} y B) rMg^{2+} / rCl^{-} versus rCl^{-}

Relación rMg^{2+} / rCa^{+2}

Relación iónica que presenta valores de 0.3 a 1.5 para aguas continentales en condiciones naturales. La muestra de agua de mar local (1375531_007) presenta un valor de 5.9. Las aguas que circulan por materiales de formación marina o que han sufrido mezcla con el agua del mar local presentan una relación elevada.

Para el piezómetro PZ-001, y las lagunas La Encantada, Azul, Puerto Viejo y Canarias, los valores de relación iónica son altas, pero normales dentro de una posible influencia de agua marina o lavado de sales; sin embargo, para las aguas de las lagunas La Milagrosa y La Mellicera el índice de relación iónica es muy alta, lo que nos permite interpretar la precipitación de carbonato de calcio.

Relación rNa^+ / rK^+

Esta relación iónica aporta información sobre el origen continental o marino del K^+ , aunque su uso está limitado a la existencia de adsorción por el terreno de Na^+ o K^+ . Cuando esta fijación de K^+ o Na^+ se produce, la relación rNa^+ / rK^+ es menor en el agua que en la roca origen. Esta relación será menor cuanto más concentrada en sales esté el agua.

En agua dulce los valores más frecuentes de esta relación suelen estar comprendidos entre 3 y 250, en el agua del mar varía entre 40-50 (Custodio y Llamas, 1983). En general, el valor de esta relación crece en el agua subterránea a medida que aumenta la salinidad.

En el área de estudio los valores bajos corresponden al piezómetro Pz-001 (25.4), a las lagunas Canarias (36.6), La Encantada (22.7), La Milagrosa (24.5) y La Mellicera (24.9) cuyo origen de K^+ provendría de la parte continental. Por otra parte, las Lagunas Azul (50.7) y Puerto Viejo (48.8) presentan relaciones iónicas similares a la del agua de mar local (42.5), claramente se corrobora la influencia marina, como producto de la disolución de sales cristalizadas contenidas en los depósitos cuaternarios, hacia dichas lagunas.

Para el caso de las lagunas La Milagrosa y Laguna la Mellicera de aguas hipersalinas sus índices de relación iónica son bajas, que nos indica que a fuertes concentraciones de sales o cloruros se produce incremento de potasio, que tendría origen por dilución de minerales, como los feldspatos potásicos, que constituyen las rocas intrusivas de tipo monzodiorita monzonita y granito que afloran como barrera entre las lagunas y el mar.

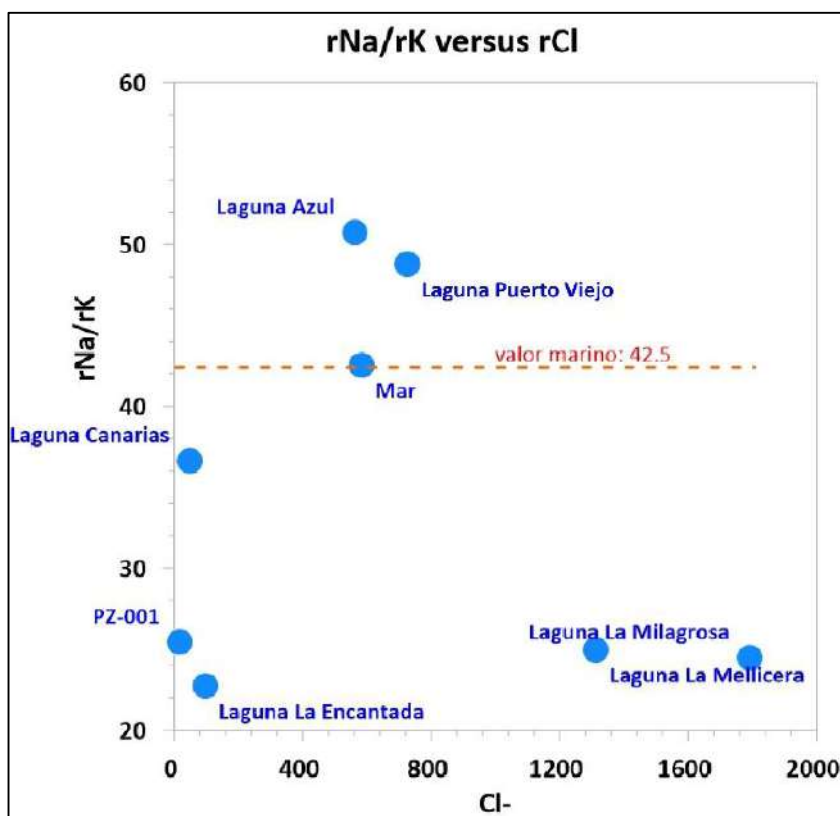


Figura 5.5: Relación rNa^+/rK^+ versus rCl

Relación $rSO_4=rCl^-$

Esta relación iónica representa una herramienta más, que aporta información sobre distintos procesos que se producirían en las aguas. En agua dulce los valores más frecuentes de esta relación suelen estar comprendidos entre 0.2 y 0.4. El valor de esta relación en el agua de mar local (Chilca) es de 0.09, en general las aguas analizadas presentan índice de relaciones iónicas superiores al valor del mar que indicarían aporte de sulfato de diverso origen.

De acuerdo a la figura 5.6 se observa una relación de tendencia lineal hasta la ubicación de la laguna Puerto Viejo desde ese punto a mayor concentración de cloruros la concentración de $SO_4^{=}$ tiende a mantenerse constante, indicando un origen común.

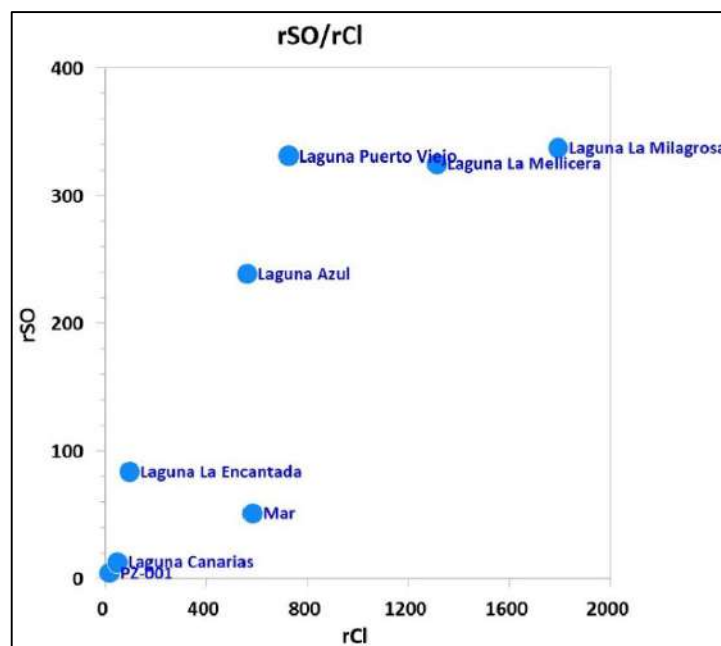


Figura 5.6: Relación $rSO_4=rCl^-$

Según los resultados obtenidos por medio de técnicas hidroquímicas se pueden plantear distintos orígenes para los iones muy elevados en las fuentes, principalmente de las lagunas:

- Influencia marina (como resultado de la disolución de sales cristalizadas, de diversos orígenes, como sales marinas, como antiguas lagunas o marismas desecadas, contenidas en los depósitos cuaternarios).
- Aguas salinas antiguas (hipersalinas) de origen marino.
- Por concentración de sales por evaporación parcial y la regular tasa de renovación de las lagunas por aporte subterráneo (influencia marina) que conducirían a la hipersalinización.
- En cantidades minúsculas por efecto del rociado marino (aerosol marino) en franjas costeras con vientos fuertes procedentes del lado marino.
- El aporte de iones sodio y cloruros y de manera secundaria magnesio y sulfato no solamente es por las sales marinas, sino también son aportados por alteración y dilución de minerales que conforman las formaciones geológicas que afloran en la parte continental como: rocas intrusivas, calizas (Formación Lurín) y terrenos aluviales.

5.5. HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL

Según el análisis de la hidroquímica de las fuentes, se ha determinado que las aguas de las lagunas La Encantada, La Mellicera y La Milagrosa se encuentran muy cargadas en iones disueltos, sin embargo, estas lagunas son aprovechadas para uso recreacional. Para averiguar si dichas fuentes son apropiadas para dicho uso, se ha comparado los resultados de análisis químico de los puntos muestreados, con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas superficiales según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Se ha comparado con las siguientes categorías:

- i) Categoría 1: Poblacional y Recreacional - Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación.
- ii) Categoría 4: Conservación del ambiente acuático - E1: Lagunas y lagos.

La urbanización del sector de las Salinas (Laguna Salinas) influiría en la presión de algunos valores ambientales al comparar con los ECAs: ECA Cat. 1-subcategoría B y ECA Cat. 4 – E1.

5.5.1.ECA categoría 1: Poblacional y Recreacional - Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación - B1-contacto primario

Siguiendo el objetivo de aprovechar las aguas en la zona de estudio, es que se evalúa la calidad química del agua. En el cuadro 5.3, se presenta un resumen de los valores anómalos o variaciones de las fuentes de aguas muestreadas, que superan los estándares de calidad ambiental en la categoría 1, subcategoría B-B1, los casilleros sombreados con color amarillo, indican que supera la concentración del elemento en su respectiva columna.

Como se muestra en el cuadro 5.3, todas las fuentes analizadas presentan anomalías en por lo menos un elemento dentro de su composición. En base a este cuadro, se elaboró el mapa de variación en el ECA categoría 1, subcategoría B-B1 (Figura 5.7).

Cuadro 5.3: Elementos que superan el ECA categoría 1-subcategoría B-B1

ECA CATEGORÍA 1: SUBCATEGORÍA B: Aguas superficiales destinadas a recreación. B1: contacto primario.	Código	RDO	NO3- (dis)	NO2- (dis)	As (dis)	B (dis)
		(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
	1375531_005_2		67.75	323.13	0.457	22.67
	1375531_003_2	3.43			0.303	26.36
	1375531_004_3			2.55	0.021	0.77
	1375531_002_2			5.58	0.032	4.19
	1375531_008			98.13	0.105	21.74
	1375531_009			121.22	0.090	25.88
	1375531_010			8.26	0.014	2.52
	1375531_007 (mar)			145.50	0.102	5.05
	Límite Max.	<=5	10	1	0.01	0.5

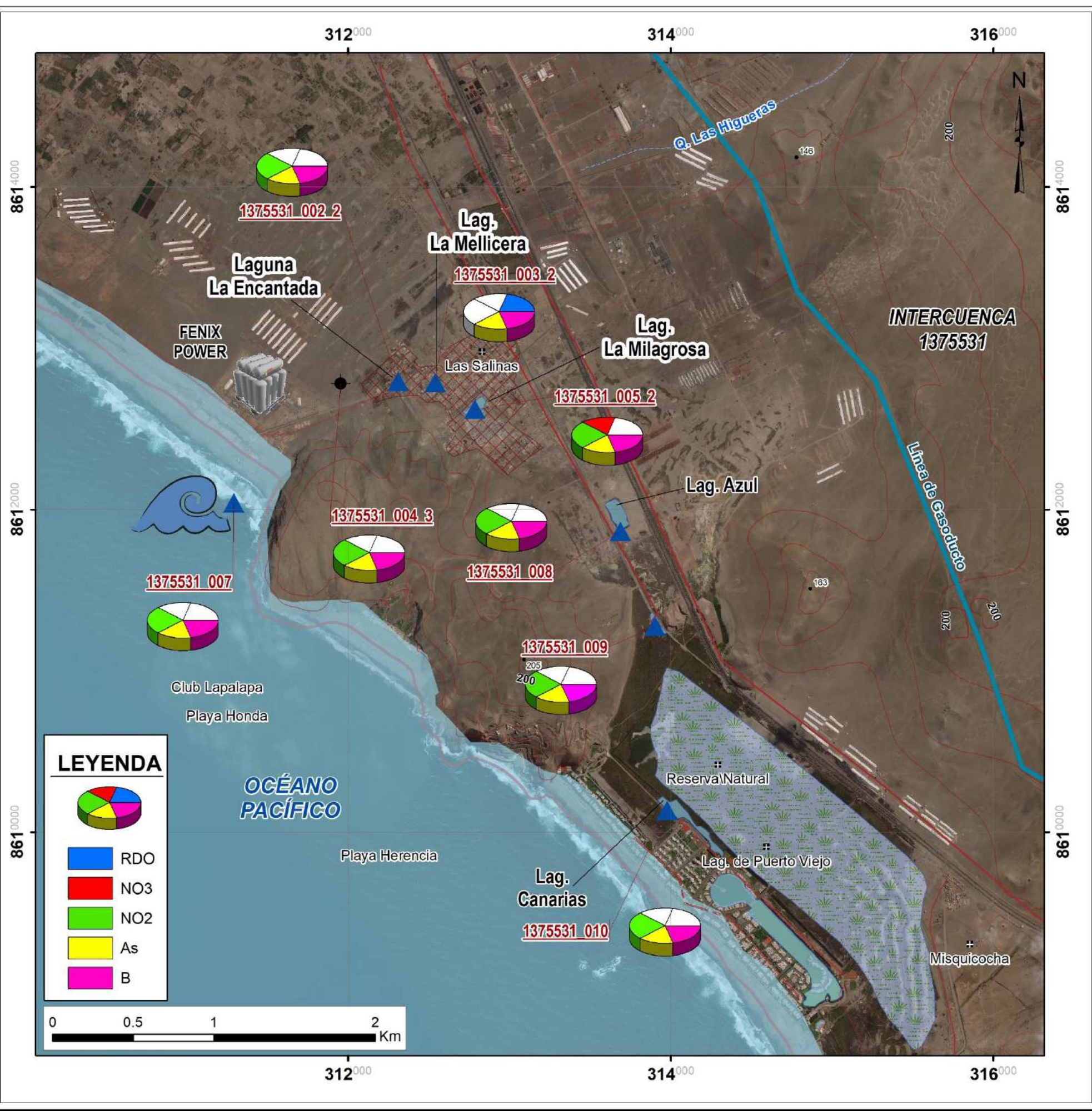
5.5.2.ECA categoría 4: Conservación del ambiente acuático - E1: Lagunas y lagos.

Al igual que en la categoría 1, en el cuadro 5.4, se presenta un resumen de los valores anómalos de las fuentes de aguas muestreadas, que superan los estándares de calidad ambiental en la categoría 4, subcategoría E1, los casilleros sombreados con color amarillo, indican que supera la concentración del elemento en su respectiva columna.

En el cuadro 5.4, se observa que, todas las fuentes analizadas presentan anomalías en por lo menos un parámetro dentro de su composición. En base a este cuadro, se elaboró el mapa de variación en el ECA categoría 4, subcategoría E1 (Figura 5.8).

Cuadro 5.4: Elementos que superan el ECA categoría 4-subcategoría E1

	Código	CE	RDO	NO ₃ - (dis)	As (dis)	Cd (dis)	Hg (dis)
		(uS/cm)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
CATEGORÍA 4: Conservación del medio ambiente. E1: Laguna y lagos	1375531_005_2	121600		67.75	0.457	0.00029	
	1375531_003_2	104800	3.43		0.303	0.00031	
	1375531_004_3	2912					0.00022
	1375531_002_2	16220				0.00033	
	1375531_008	61820					
	1375531_009	77280					
	1375531_010	6964					
	1375531_007(mar)	53070					
	Límite Max.	1000	<=5	13	0.15	0.00025	0.0001



LEYENDA

- RDO
- NO3
- NO2
- As
- B



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VIAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Oceano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

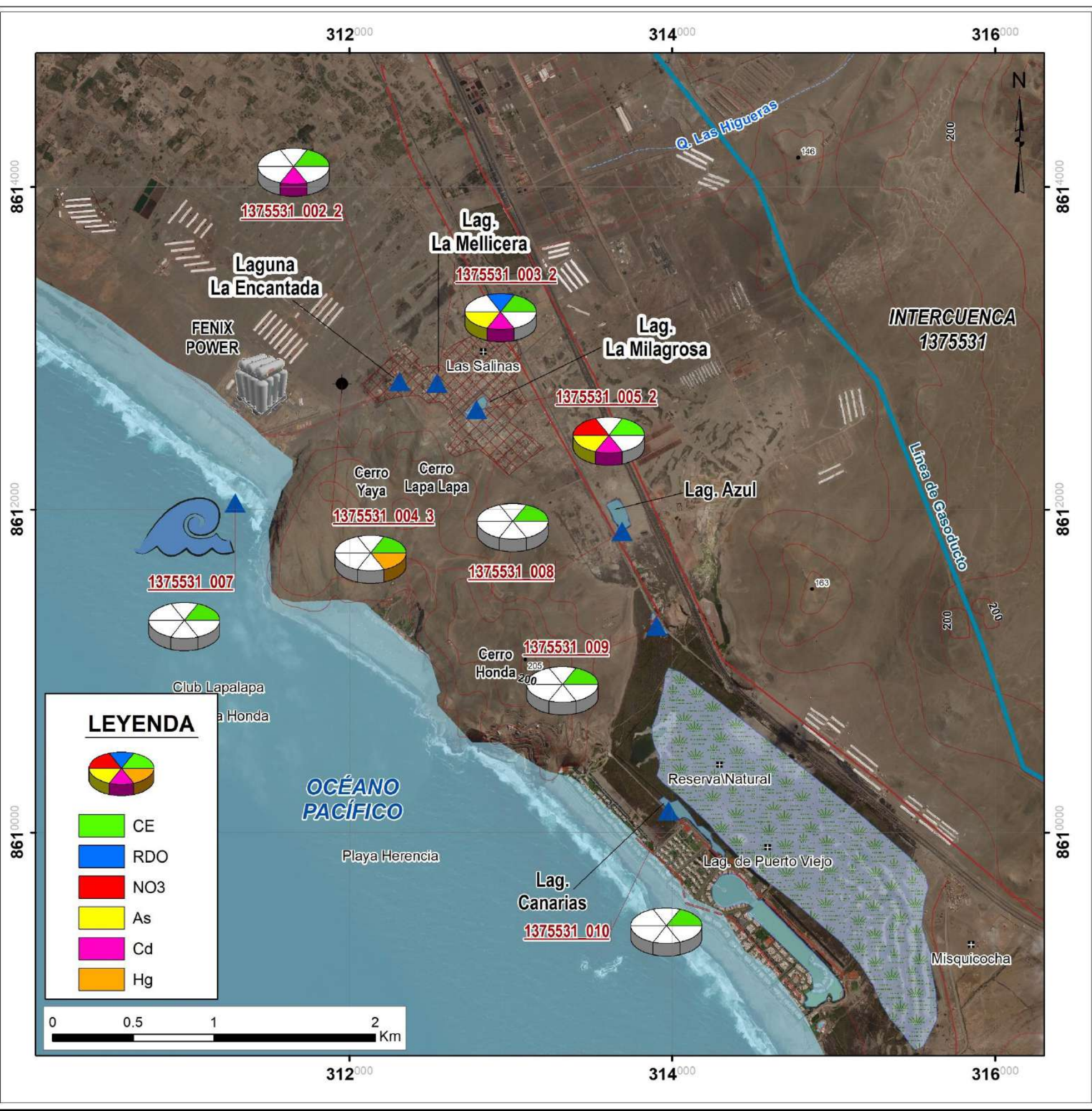
PUNTOS MUESTREADOS HIDROGEOLOGÍA

- Piezómetro.
- Punto de control.

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MILAGROSA, MELLICERA Y ENCANTADA DE LAS SALINAS DE CHILCA - CASITE - LIMA
 Mapa de componentes que superan el ECA Cat. 1: Posicional y microzonal.
 Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas a recreación.
 BI: Contacto primario.

Figura 5.7
 Elaborado por: J. Moreno & S. Flores
 Escala: 1:25 000
 Proyección: UTM WGS 84
 Zona 18 Sur



LEYENDA

- CE
 - RDO
 - NO3
 - As
 - Cd
 - Hg



SIMBOLOGÍA

- Centros poblados
- Zona Urbanizada
- Planta desalinizadora de agua FENIX POWER
- Línea de Gasoducto

VÍAS

- Vía asfaltada
- Vía afirmada
- Trocha carrozable
- Ctra. Panamericana Sur

HIDROLOGÍA

- Drenaje
- Lagunas
- Reserva Natural
- Océano

TOPOGRÁFICO

- Buzamiento
- Cotas

PUNTOS MUESTREADOS HIDROGEOLOGÍA

- Piezómetro.
- Punto de control.

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LAS LAGUNAS LA MELLICERA, LA MILAGROSA Y LA CANARIAS DE LAS SALINAS DE CHILCA - CUESTA LIMA
 Mapa de componentes que superan el ECA-Cat. 4: Conservación de medio ambiente Et: Laguna y lagos

Figura 5.8
 Elaborado por: J. Moreno & S. Flores
 Escala: 1:25 000
 Proyecto: CTR. INCC SA
 Fecha: 18 Dic

5.5.3. Descripción de parámetros que superan los ECAs: Categoría 1 - Subcategoría B: Aguas superficiales destinadas para recreación - B1-contacto primario y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático - E1: Lagunas y lagos.

A continuación, basándonos en la comparación con los ECAs, analizaremos cada elemento que presenta valores anómalos en su concentración.

- RDO

Para los ECAs: Cat. 1 – Subcat. B - B1 y Cat. 4 – E1, este parámetro es inferior en la laguna La Mellicera (1375531_003_2), debido a la presencia de algunos minerales en una solución reducen la solubilidad de los gases. Las altas concentraciones de sales disueltas en la laguna reducen los espacios intermoleculares disponibles para disolución de oxígeno. Sin embargo, el efecto de la exclusión oxígeno disuelto en función de la concentración de sales disueltas es mínimo.

- Nitratos (NO₃⁻)

Los cuadros 5.3 y 5.4 muestran que solamente la laguna La Milagrosa supera en concentración de NO₃⁻ tanto para el ECA: Cat. 1 – Subcat. B – B1 y Cat. 4 – E1, el origen de los nitratos elevados en esta fuente se debería a la influencia urbana.

- Nitritos (NO₂⁻)

La comparación se realizó con el ECA: Cat 1 – Subcat. B – B1, donde, en el cuadro 5.3 muestra que todas las fuentes superan el límite máximo de 1 mg/L, a excepción de la laguna La Mellicera (1375531_003_2), para la mayoría de las aguas la concentración de nitritos se debería a la de las sales marinas cristalizadas en los depósitos cuaternarios, aunque particularmente para la laguna La Milagrosa, la elevada concentración de nitritos no solamente se debería al aporte de estas sales, sino también por influencia del sector urbano.

- Arsénico (As)

Según los cuadros 5.3 y 5.4 y figuras 5.7 y 5.8, se observa que para ECA Cat. 1 – Subcat. B - B1. Todas las fuentes superan el valor de 0.01 mg/L. Y para el ECA Cat. 4 – E1, superan el valor máximo de 0.15 mg/L, las lagunas La milagrosa y La Mellicera, los valores de concentración ligeramente elevados se deberían a la influencia urbana.

- Boro (B)

Comparando las concentraciones de boro con el ECA Cat. 1 – Subcat. B - B1, todas las fuentes superan el límite máximo de 0.5 mg/L, que se interpreta su origen por aporte de las sales marinas y por disolución de las rocas ígneas intrusivas de los alrededores.

- Cadmio (Cd)

El cadmio supera el valor 0.00025 mg/L del ECA Cat. 4 – E1, en las tres Lagunas: La Milagrosa (1375531_005_2), La Mellicera (1375531_003_2), y La Encantada (1375531_002_2), la concentración ligeramente elevada de valores de cadmio, se debe probablemente al aporte urbano.

- Mercurio (Hg)

Este parámetro de manera puntual supera el valor 0.0001 mg/L del ECA Cat. 4 – E1 en el PZ-001 (1375531_004_3), se debería por aporte puntual por acción antrópica.

- Conductividad eléctrica

El valor de conductividad eléctrica es alto cuanto mayor es la concentración de sales, al comparar con el ECA: Cat. 4 – E1, en general las aguas evaluadas superan el valor máximo establecido de 1000 uS/cm, ya que están muy concentradas en dichas sales. El incremento de la concentración de sales es de origen tanto marino y continental.

5.6. ÍNDICE DE SATURACIÓN (IS)

El agua, en una determinada fuente, se encuentra en equilibrio con un determinado mineral, cuando su índice de saturación (logarítmico) es igual a 0. Considerando las incertidumbres de los valores analíticos medidos en campo y laboratorio, en el presente trabajo se ha calificado el estado de equilibrio cuando el índice de saturación varía entre -0.5 y + 0.5. Para valores mayores a +0.5 se considera sobresaturación y para valores inferiores a -0.5 subsaturación.

De acuerdo al índice de saturación calculado y representado en la figura 5.9 para las muestras de aguas correspondientes a las tres lagunas de interés (La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada), se observa claramente que las tres lagunas están elevadamente sobresaturadas, mayoritariamente con respecto a los minerales de: clorita, crisotilo, dolomita, K-mica (micas de constitución potásica), y talco, son principalmente minerales de gran constitución de magnesio (silicatos de magnesio, carbonato de magnesio). De manera secundaria calcio y potasio (silicatos potásicos). Además, las tres lagunas presentan una ligera sobresaturación con respecto a los minerales de carbonatos aragonito y calcita. Finalmente, las lagunas La Milagrosa y La Mellicera muestran también una ligera sobresaturación en minerales de feldspatos potásicos y Sepiolita.

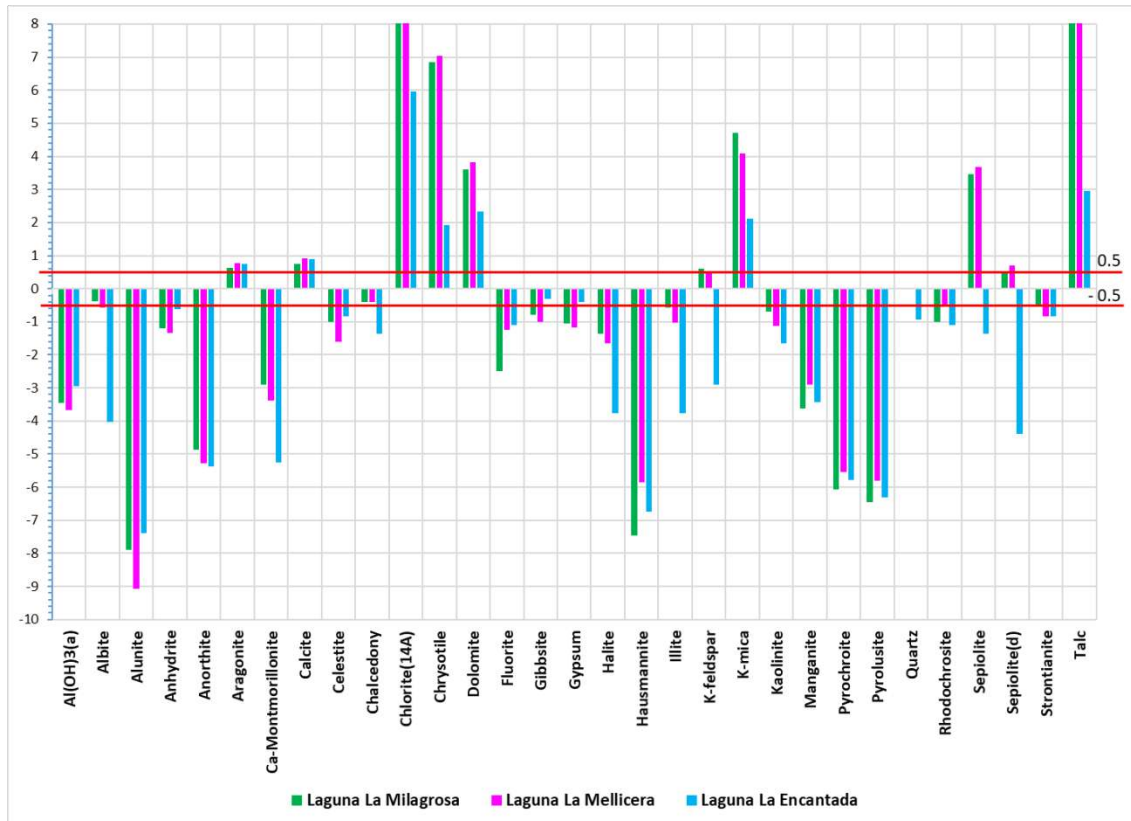


Figura 5.9: Índice de saturación con respecto a varios minerales para las lagunas La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada.

Los minerales que se encuentran sobresaturados en las aguas de las referidas lagunas estarían precipitando al fondo de las lagunas formando los lodos y sales que se observan en las lagunas (Fotografía 5.1).



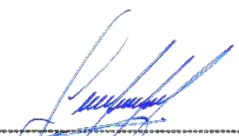
Fotografía 5.1: Lodos que se han generado por precipitación en la laguna La Milagrosa.

CONCLUSIONES

1. En la zona de estudio se han inventariado nueve fuentes de agua, que corresponden a seis (6) lagunas, dos (2) piezómetros, y una (1) muestra local de mar.
2. En el aspecto de la caracterización hidrogeológica, contamos con los acuíferos porosos no consolidados aluvial, eólico y marino, que son de gran importancia, además de ser los acuíferos responsables de recargar las lagunas en el área de estudio.
3. Los estudios de prospección geofísica (Sondajes Eléctricos Verticales y Tomografías Eléctricas), demostraron que las resistividades muy bajas (0.55 a 2 Ohm-m), están relacionadas a la presencia de aguas salobres; Resistividades bajas (2 a 27.8 Ohm-m) están relacionadas a zonas con presencia de agua poco salobre o con cierto grado de humedad, y las resistividades moderadas (27.8 a 197 Ohm-m) están relacionadas con material de arenas con contenido de fragmentos rocosos.
4. En el sector Las Salinas de Chilca, la napa freática se encuentra muy superficial y está conformada por mantos de arena eólica. Frente a fuertes eventos telúricos, se pueden generar procesos de licuefacción de suelos, afectando las construcciones y cimentaciones hechas sobre ellos.
5. Las aguas muestreadas son de facies cloruradas sódicas, según su concentración de sales se definieron: agua ligeramente salina (1375531-004_3), aguas salobres (1375531-002_2 y 1375531-010), aguas salinas (1375531-008 y 1375531-009), aguas hipersalinas (1375531-003_2 y 1375531_005_2).
6. En general las aguas evaluadas presentan influencia de sales marinas. Particularmente, el aporte de las sales a las lagunas 1375531-003_2 (La Mellicera) y 1375531_005_2 (La Milagrosa), no solamente se debe a la disolución de sales contenidas en los materiales aluviales, sino también a la concentración de sales por evaporación parcial y al efecto del rociado marino (aerosol marino).
7. Según los ECA, en la categoría 1, subcategoría B-B1, se observa que las aguas superficiales y subterráneas en la zona de estudio, superan los límites establecidos de esta norma, en elementos como NO_3 , NO_2 , B, As, los cuales tienen un origen natural, tanto como antrópico, de la misma manera sucede para la categoría 4, subcategoría E1, que superan los límites establecidos en elementos como NO_3 , As, Cd, Hg, según este análisis las lagunas La Milagrosa, La Mellicera y La Encantada, no estarían permitidas para su uso balneológico; sin embargo, la presencia de otros minerales como el calcio, magnesio y cloruros, que pueden ser beneficiosas para la salud humana, podríamos recomendar a los bañistas, no permanecer por un tiempo mayor a los 15 minutos de exposición directa a las aguas y lodos, así mismo, considerar previa prescripción médica.
8. La presencia de los minerales en los lodos estaría siendo formados por la precipitación de compuestos que se encuentran sobresaturados en las aguas de las lagunas La Mellicera, La Encantada y La Milagrosa.

RECOMENDACIONES

1. Impulsar el geoturismo en las lagunas de las Salinas de Chilca, de la mano con la concientización en el cuidado de la salud y conservación del medio ambiente, alineado con un plan integral de gestión que involucre a la población, con una participación activa del municipio.
2. Colocar en los ingresos de las lagunas, paneles informativos e ilustrativos, sobre resultados del estudio realizado, por ejemplo: Panel de la geología de la zona, información hidrogeoquímica, sobre la calidad de las aguas, entre otros.
3. Continuar con los monitoreos hidrológicos, para determinar la tasa de renovación en las lagunas de las Salinas de Chilca; así mismo, monitorear el nivel freático y parámetros fisicoquímicos en el acuífero poroso no consolidado de Chilca, mediante la implementación de una red de piezómetros, con la finalidad de entender la variabilidad de los parámetros señalados y direcciones de flujo, y poder sugerir medidas de corrección si el caso lo ameritará.



Ing. JOSÉ LUIS MORENO HERRERA
Especialista en Hidrogeología
INGEMMET



 Teófilo Walter Parí Pinto
INGENIERO GEOFISICO
Reg. CIP N° 48109

BIBLIOGRAFÍA

- CUSTODIO, E., LLAMAS, MR. (1983) "Hidrología subterránea." Ed. Omega, Barcelona.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA: AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA CAÑETE-FORTALEZA AUTORIDAD LOCAL DEL AGUA CHILLÓN-RÍMAC-LURÍN Evaluación de la Veda del Acuífero Chilca.
- DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL (2002). Estudios de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 3. Lima. INGEMMET. Boletín 27 Serie "C" Geodinámica e Ingeniería Geológica. 373 p.
- Huaco, D., Huaco, P. y Espejo, G. (1975), Comportamiento del Suelo de Cañete Asociado al Sismo del 3 de octubre de 1974, Reunión Andina de Seguridad Sísmica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Giesecke, A., Ocola, L. y Silgado, E. (1980), El Terremoto de Lima del 3 de octubre de 1974, Informe Preparado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur a UNESCO, Contrato SC/RP 601-013.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía del Perú, SENAMHI (2010) - Mapa de Precipitación Anual, Periodo Normal (Septiembre – Mayo). En INDECI, Atlas de Peligros del Perú 2101, Lima.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: "Estado de explotación de las aguas subterráneas en el valle Chilca".
- Orellana, E. (1982). Prospección geoelectrónica en corriente continua. Madrid.
- Loke, M. H. (2001). Tutorial: 2-D y 3-D electrical imaging surveys. Geotomo Software, Malasia
- PARI P., W. (2014). "Prospección Geofísica aplicando el Método de Tomografía Eléctrica en el área del distrito de el agustino, Lima" – Informe Técnico de la DGAR del INGEMMET. Lima. 2014. P.17.
- Zenteno, E. & Ayasta, H. (2005). Inventario de Fuentes de Agua Subterránea en el Valle Chilca. Instituto Nacional de Recursos Hídricos, Administración Técnica del Distrito de Riego Chillón-Rímac-Lurín. Ministerio de Agricultura. Informe final. http://www.ana.gob.pe/media/295718/fuente_agua_subterranea_chilca.pdf.
- Alva; J. Licuefacción de suelos en el Perú. CISMID (http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis05_a.pdf)
- León W. & De la Cruz O., 2003. Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Mala (26-j), Lurín (25-j) y Lima (25-l).
- Salazar H. & Landa C., 1993. Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca Chíncha, Tantara y Castrovirreyna.

ANEXO I

FICHAS DE INVENTARIO DE FUENTES

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Lag. La Milagrosa	1375531_005_2	1 5 - 0 3 - 1 8	1 2 : 2 5	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 2 6 2	N	3 1 2 7 8 6 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
1 5	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Isotópico O ¹⁸ y D	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>		

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Metamórfico	<input type="checkbox"/>	Balneológico.	pH
Sedimentario	<input checked="" type="checkbox"/>	Balneoterapia	ORP
Dep. Superficial	<input type="checkbox"/>		CE
Presencia de halita en venillas color blanquecina y rosada con espesores de 4 cm aproximadamente. Además se encontró clastos sueltos de calizas.			CE
			TDS
			TDS

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS		GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS
Morfología: Planicie		Bajo Medio Alto	Color
Muy baja (<10°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Olor
Baja (10-20°)	<input type="checkbox"/>	Estratificación	
Media (20-40°)	<input type="checkbox"/>	Rumbo y Buzamiento	
Fuerte (40-60°)	<input type="checkbox"/>	Color	
Media (> 60°)	<input type="checkbox"/>	Olor	
		Turbidez	
		Alcalinidad	



OBSERVACIONES

Rmv = -24.6 mV

La toma de muestra se tomó en el punto medio de la profundidad de la laguna La Milagrosa. Se tomo una muestra de lodo. Se forman venillas de halita, de coloraciones blanquesinas y rosadas, se denota cristalización de la misma. El agua es de color verdoso, presencia de algas.

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Lag. La Mellicera	1375531_003_2	1 6 - 0 3 - 1 8	1 3 : 0 7	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 2 7	8 5 N	3 1 2 5 4 0 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
1 3	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS		PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO	
Intrusivo	<input type="checkbox"/>	Caudal	<input type="text"/>	T° Agua	27.5 °C
Volcánico	<input type="checkbox"/>	Uso	Balneológico	T° Ambiente	26.2 °C
Metamórfico	<input type="checkbox"/>			pH	8.76
Sedimentario	<input checked="" type="checkbox"/>			ORP	72.7 mV
Dep. Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>			CE	104.8 mS/cm
				CE	<input type="text"/> μS/cm
Presencia de lodos en la base color gris oscuro, inodoro.		TDS	<input type="text"/> mg/l	TDS	51.34 ppt

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS		GRADO DE FRACTURAMIENTO		OTROS PARÁMETROS		
Morfología: Planicie Costera		Bajo	Medio	Color	Marrón	
Pendiente del terreno	Muy baja (<10°)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Olor	Inodoro	
	Baja (10-20°)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Turbidez	Alta NTU	
	Media (20-40°)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Alcalinidad	<input type="text"/> mg/l (CaCO ₃)	
	Fuerte (40-60°)	<input type="checkbox"/>	ESTRATIFICACIÓN		Resistividad	9.543 ohm/cm
	Media (> 60°)	<input type="checkbox"/>	Rumbo y Buzamiento		Resistividad	<input type="text"/> Kohm/cm
				RDO	3.43 mg/l	
				OD	71.3 %Sat	



OBSERVACIONES

La muestra se tomó del medio de la laguna La Mellicera, así como los parámetros físicos.

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	PZ-001	1375531_004_3	1 8 - 0 3 - 1 8	1 2 : 5 0	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 2 7	8 1 N	3 1 1 9 5 3 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
3	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Subterránea	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
1.5	Isotópico O ¹⁸ y D	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>		

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	l/s	27.1 °C
Metamórfico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Sedimentario	<input type="checkbox"/>	Ninguno	
Dep. Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>		pH
	Arena media		8.39

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS	
Morfología:	Bajo Medio Alto	Color	CE
Planicie	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Incoloro	2912 μS/cm
Pendiente del terreno	ESTRATIFICACIÓN	Olor	TDS
Muy baja (<10°)	Rumbo y Buzamiento	Inodoro	mg/l
Baja (10-20°)		Turbidez	TDS
Media (20-40°)		Baja	1.427 ppt
Fuerte (40-60°)		NTU	Salinidad
Media (> 60°)		Alcalinidad	1.562 PSU
		(CaCO ₃)	Resistividad
		mg/l	343.4 ohm/cm
			Resistividad
			Kohm/cm
			RDO
			5.12 mg/l
			OD
			63 %Sat



OBSERVACIONES

RmV = -152.0 mV

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto A C T 1	Nombre de la fuente PZ 002	Código 1375531_006	Fecha 1 8 - 0 3 - 1 8	Hora 1 8 : 0 0	Monitoreo <input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM 8 6 1 2 5 9 5 N 3 1 2 8 8 5 E			Responsables J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		Fuente certificada <input type="checkbox"/>
Altitud 9	WGS 84 X	Zona 1 8 S	Localidad/lugar Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente Subterránea	Parámetros Físico - Químicos Químico <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Vertiente Hidrográfica	Pacífico
N.P.	Tipo de Análisis Isotópico O ¹⁸ y D <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
	Radioactivo <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Subcuenca	Intercuenca
		<input type="checkbox"/> Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo

Volcánico

Metamórfico

Sedimentario

Dep. Superficial

Presencia de capas de arena gruesa a media, color gris amarillento, además de capa de lodo, color gris oscuro.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal l/s

Uso

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua °C

T° Ambiente °C

pH

ORP mV

CE mS/cm

CE μS/cm

TDS mg/l

TDS ppt

Salinidad PSU

Resistividad ohm/cm

Resistividad Kohm/cm

RDO mg/l

OD %Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología:
Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja (<10°)

Baja (10-20°)

Media (20-40°)

Fuerte (40-60°)

Media (> 60°)

GRADO DE FRACTURAMIENTO

Bajo Medio Alto

ESTRATIFICACIÓN

Rumbo y Buzamiento

OTROS PARÁMETROS

Color

Olor

Turbidez NTU

Alcalinidad mg/l (CaCO₃)



OBSERVACIONES

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Lag. La Encantada	1375531_002_2	1 9 - 0 3 - 1 8	1 6 : 4 8	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 2 7	9 2 N	3 1 2 3 0 8 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
4	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Isotópico O ¹⁸ y D	<input checked="" type="checkbox"/>	Microcuenca	
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>		

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Metamórfico	<input type="checkbox"/>	Balneológico	pH
Sedimentario	<input checked="" type="checkbox"/>		ORP
Dep. Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>		CE
			CE
			TDS
			TDS
			Salinidad
			Resistividad
			Resistividad
			RDO
			OD

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS
Morfología:	Bajo Medio Alto	Color
Planicie	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Olor
Pendiente del terreno	ESTRATIFICACIÓN	Turbidez
Muy baja (<10°)	Rumbo y Buzamiento	Alcalinidad
Baja (10-20°)		(CaCO ₃)
Media (20-40°)		
Fuerte (40-60°)		
Media (> 60°)		



OBSERVACIONES

RmV = -136.5.
La muestra se ha tomado en la parte media de la laguna La Encantada.

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Mar	1375531_007	19-03-18	18:50	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
86120	85N	311098E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
0	X	18S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
Superficial	Radioactivo	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Metamórfico	<input type="checkbox"/>	Balneológico	pH
Sedimentario	<input type="checkbox"/>		ORP
Dep. Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>		CE
			CE
			TDS
			TDS
			Salinidad
			Resistividad
			Resistividad
			RDO
			OD

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS
Morfología:	Bajo Medio Alto	Color
Planicie	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Olor
Pendiente del terreno	ESTRATIFICACIÓN	Turbidez
Muy baja (<10°)	Rumbo y Buzamiento	Alcalinidad
Baja (10-20°)		(CaCO ₃)
Media (20-40°)		
Fuerte (40-60°)		
Media (> 60°)		



OBSERVACIONES

RmV = -122.6mV

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Laguna Azul	1375531-008	2 1 - 0 3 - 1 8	1 0 : 0 0	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 1 8	6 3 N	3 1 3 6 8 7 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
2 5	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo

Volcánico

Metamórfico

Sedimentario

Dep. Superficial

Arena media a fina, presencia de sal.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal l/s

Uso Ninguno

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua 27.4 °C

T° Ambiente 23.8 °C

pH 8.65

ORP 50.3 mV

CE 61.82 mS/cm

CE μS/cm

TDS mg/l

TDS 30.29 ppt

Salinidad 41.75 PSU

Resistividad 16.18 ohm/cm

Resistividad Kohm/cm

RDO 7.2 mg/l

OD 115.6 %Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja (<10°)

Baja (10-20°)

Media (20-40°)

Fuerte (40-60°)

Media (> 60°)

GRADO DE FRACTURAMIENTO

Bajo Medio Alto

ESTRATIFICACIÓN

Rumbo y Buzamiento

OTROS PARÁMETROS

Color Incoloro

Olor Inodoro

Turbidez Baja NTU

Alcalinidad mg/l (CaCO₃)



OBSERVACIONES

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Laguna de Puerto Viejo	1375531-009	2 1 - 0 3 - 1 8	1 2 : 1 8	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 1 2	7 5 N	3 1 3 9 0 1 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
1 1	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Isotópico O ¹⁸ y D	<input checked="" type="checkbox"/>	Microcuenca	
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>		

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	l/s	27.8 °C
Metamórfico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Sedimentario	<input type="checkbox"/>	Ninguno.	26.1 °C
Dep. Superficial	<input checked="" type="checkbox"/>	Paisajístico	pH
			8.43
			ORP
			72 mV
			CE
			77.28 mS/cm
			CE
			µS/cm
			TDS
			mg/l
			TDS
			37.87 ppt
			Salinidad
			54 PSU
			Resistividad
			12.94 ohm/cm
			Resistividad
			Kohm/cm
			RDO
			11.28 mg/l
			OD
			204.2 %Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS
Morfología:	Bajo Medio Alto	Color
Planicie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Incoloro
Pendiente del terreno	ESTRATIFICACIÓN	Olor
Muy baja (<10°)		Inodoro
Baja (10-20°)		Turbidez
Media (20-40°)		Baja NTU
Fuerte (40-60°)		Alcalinidad
Media (> 60°)		mg/l
	Rumbo y Buzamiento	(CaCO ₃)



OBSERVACIONES

RmV = -122.0mV

FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
A C T 1	Laguna Canarias	1375531-010	2 1 - 0 3 - 1 8	1 8 : 0 3	<input type="checkbox"/>
Coordenadas UTM		Responsables			
8 6 1 0 1	3 1 N	3 1 3 9 7 6 E	J. Moreno, M. Charca, J. Fiestas		
Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar		
1 0	X	1 8 S	Las Salinas - Chilca - Cañete - Lima		

Tipo de Fuente	Parámetros Físico - Químicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Superficial	Químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375531
N.P.	Tipo de Análisis	<input checked="" type="checkbox"/>	Subcuenca	Intercuenca
	Radioactivo	<input type="checkbox"/>	Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS		PARÁMETROS HIDRÁULICOS	PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO
Intrusivo	<input type="checkbox"/>	Caudal	T° Agua
Volcánico	<input type="checkbox"/>	Uso	T° Ambiente
Metamórfico	<input type="checkbox"/>		pH
Sedimentario	<input type="checkbox"/>		ORP
Dep. Superficial	<input type="checkbox"/>		CE
			CE
			TDS
			TDS
			Salinidad
			Resistividad
			Resistividad
			RDO
			OD

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	OTROS PARÁMETROS
Morfología:	Bajo Medio Alto	Color
Planicie	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Olor
Pendiente del terreno	ESTRATIFICACIÓN	Turbidez
Muy baja (<10°)	Rumbo y Buzamiento	Alcalinidad
Baja (10-20°)		(CaCO ₃)
Media (20-40°)		
Fuerte (40-60°)		
Media (> 60°)		



OBSERVACIONES

RmV = -117.4mV