SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A6873

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA, CHORRILLOS – LIMA

Región y Provincia de Lima
Distrito de Chorrillos

MARZO
2019

N° 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO – INGEMMET / 04.01.19

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA (RVSPV)
Distrito de Chorrillos, Región y Provincia de Lima

RESUMEN

CAPÍTULO I: GENERALIDADES
1.1. INTRODUCCIÓN
1.2. ANTECEDENTES
1.3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD
1.4. CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN
1.5. METODOLOGÍA
1.6. EQUIPO DE TRABAJO

CAPÍTULO II: GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA
2.1. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS
2.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS
2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

CAPITULO III: INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA
3.1. TRABAJOS DE GEOFÍSICA
3.2. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS E INTERPRETACIONES
3.2.1. ANALISIS DE LAS TOMOGRAFIAS ELÉCTRICAS
- 3.2.1.1. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-01
- 3.2.1.2. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-02
- 3.2.1.3. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-03
- 3.2.1.4. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-04

3.2.2. ANALISIS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES - SEV
- 3.2.2.1. PERFIL GEOELÉCTRICO A-A' - SECTOR LAGUNA GÉNESIS
- 3.2.2.2. PERFIL GEOELÉCTRICO B-B'- SECTOR CLUB LAS GARZAS
- 3.2.2.3. PERFIL GEOELÉCTRICO C-C'- SECTOR DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE DE SEDAPAL
- 3.2.2.4. PERFIL GEOELÉCTRICO D-D'- SECTOR LAS BRISAS DE VILLA
- 3.2.2.5. PERFIL GEOELÉCTRICO E-E'- SECTOR LAGUNA MARVILLA

3.3. MAPA DE ISOBATAS A LA NAPA FREÁTICA
3.4. MAPA DE HIDROISOHIPSAS

CAPÍTULO IV: CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA
4.1. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA
- 4.1.1. MANANTIALES
- 4.1.2. CALICATAS
- 4.1.3. LAGUNAS
- 4.1.4. CANALES (PUNTOS DE CONTROL)
- 4.1.5. POZOS Y PIEZÓMETROS

4.2. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA
- 4.2.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS
  - 4.2.1.1 ACUÍFEROS
  - 4.2.1.2 ACUITARDOS

CAPÍTULO V: HIDROGEOQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS
5.1. ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
5.2. ANÁLISIS HIDROQUÍMICO DE LAS FUENTES DE AGUA
- 5.2.1. ANÁLISIS DE pH
- 5.2.2. ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
- 5.2.3. ANÁLISIS DE LAS FACIES HIDROQUÍMICAS
  - 5.2.3.1. DIAGRAMAS DE STIFF
  - 5.2.3.2. DIAGRAMAS DE PIPER
- 5.2.4. ANÁLISIS DE CALIDAD DE LAS AGUAS
  - 5.2.4.1. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A1
  - 5.2.4.2. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A2
  - 5.2.4.3. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A3
  - 5.2.4.4. CATEGORÍA 3 – SUBCATEGORÍA D1
  - 5.2.4.5. CATEGORÍA 3 – SUBCATEGORÍA D2
  - 5.2.4.6. CATEGORÍA 4 – SUBCATEGORÍA E1

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
ANEXO N° 1: REGISTRO DE FICHAS DE INVENTARIO DE FUENTES

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA (RVSPV)
Distrito de Chorrillos, Región y Provincia de Lima

RESUMEN

El presente estudio, se realiza ante la solicitud de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa - PROHVILLA, Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, mediante las cartas N° 157-2016-MML-PROHVILLA y N° 197-2016-MML-PROHVILLA, solicitando una inspección hidrogeológica del Área Natural de los humedales de Pantanos de Villa.

Los humedales de los Pantanos de Villa, se originan, gracias a los afloramientos de las aguas subterráneas provenientes de las filtraciones de las aguas de lluvia en la cuenca del río Rímac, siguiendo la dirección del antiguo ramal del río Surco, también recibe los aportes de filtraciones de agua de mar en una zona de mezcla o zona de interfase.

Una de las principales preocupaciones que agobia este humedal, es el constante cambio a causa de factores antrópicos, debido a la expansión urbana (industria, desechos sólidos, botaderos de basura, smog, coliformes fecales, etc.), que han influenciado en las características y procesos del ecosistema, que conllevaron a tomar decisiones de intervenir en el manejo, recuperación y conservación del hábitat ecológico en el humedal. El presente estudio contribuirá como herramienta en la toma de decisiones para la conservación de la biodiversidad del ecosistema del humedal.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET, institución Técnico – Científica, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, realizó la evaluación hidrogeológica del Refugio de Vida Silvestre de los Humedales de los Pantanos de Villa, distrito de Chorrillos, provincia y región de Lima, a nivel de línea base actual o diagnóstico situacional, para conocer la composición química y la calidad de las aguas subterráneos (manantiales, calicatas) y superficiales (lagunas, canales, desfogues); así como, conocer el comportamiento de los flujos subterráneos, a través de los niveles freáticos, con el levantamiento de información geofísica. Los trabajos de campo se llevaron a cabo del 22 al 31 de enero del 2018, contaron en todo momento con el acompañamiento de las partes involucradas, INGEMMET, PROHVILLA y voluntarios; los trabajos se desarrollaron en el ámbito la zona de amortiguamiento de los Pantanos de Villa, dentro de la intercuenca 1375539, según la delimitación de las Unidades Hidrográficas del Perú (Autoridad Nacional del Agua), entre las cuencas de los ríos Rímac al Norte y Lurín al Sur.

En el análisis geológico e hidrogeológico, se inició tomando como base la carta geológica nacional (INGEMMET), con datos e interpretaciones recopiladas en campo, presentadas a escala 1:25 000; así mismo, se realizó el inventario y muestreo de 11 fuentes de agua, correspondientes a tres (03) manantiales, como manifestaciones de la presencia de reservorios subterráneos que alimentan el humedal y dos (02) calicatas analizadas en el momento de la recuperación de los niveles freáticos, también se trabajaron las tres (03) lagunas del humedal (Laguna Mayor, laguna Genesis y laguna Marvilla), los canales de conexión y desfogue respectivos (02 puntos de control) y un punto de agua de mar en este sector.

Todas las fuentes fueron muestreadas para conocer las características hidroquímicas de las aguas, su interacción con los materiales del entorno y como están siendo afectadas por estas. En el análisis de la calidad, los resultados se trabajaron en comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental, ECAs, (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN).

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA (RVSPV)
Distrito de Chorrillos, Región y Provincia de Lima

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

Por lo general, los humedales representan uno de los ecosistemas más productivos del mundo. Particularmente, "El Refugio de Vida Silvestre de Los Pantanos de Villa", presenta una gran importancia, por localizarse dentro del casco urbano de la ciudad de Lima, considerado un Área Natural Protegida por el Estado (ANPE), conformado por importantes valores paisajísticos, climáticos y biológicos, por lo que es reconocido como un humedal de Importancia Internacional o Sitio RAMSAR por la Convención a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. (Fuente: http://pantanosdevilla.galeon.com/).

Los humedales de los Pantanos de Villa, se originan, gracias a los afloramientos de las aguas subterráneas provenientes de las filtraciones de las aguas de lluvia en la cuenca del río Rímac, siguiendo la dirección del antiguo ramal del río Surco (actualmente se encuentra canalizado), que llegan a saturar el acuífero costero de Lima, estos manantiales alimentan las lagunas Mayor, Genesis y Marvilla; así mismo, en temporadas de avenidas, se forma la Laguna Anap, sin mayor importancia dentro del área de estudio, por presentar un régimen irregular. Por otra parte, por encontrarse muy cerca al litoral, también recibe los aportes de filtraciones de agua de mar en una zona de mezcla o zona de interfase.

Una de las principales preocupaciones que agobia este humedal, es el constante cambio a causa de factores antrópicos, debido a la expansión urbana (industria, desechos sólidos, botaderos de basura, smog, coliformes fecales, etc.), que han influenciado en las características y procesos del ecosistema, que conllevaron a tomar decisiones de intervenir en el manejo, recuperación y conservación del hábitat ecológico en el humedal.

El presente estudio contribuirá como herramienta en la toma de decisiones para la conservación de la biodiversidad del ecosistema del humedal, proteger el hábitat natural de esta avifauna migratoria, residentes, las especies en peligro de extinción y preservar el habitad de comunidades vegetales y acuáticas representativas de los pantanos costeros.

1.2. ANTECEDENTES

El presente estudio, se realiza ante la solicitud de la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa - PROHVILLA, Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima, mediante las cartas N° 157-2016-MML-PROHVILLA con fecha 09 de junio del 2016 y la Carta N° 197-2016-MML-PROHVILLA con fecha 03 de agosto del 2016, dirigidas a la presidencia del consejo directivo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, solicitando una inspección hidrogeológica del Área Natural de Pantanos de Villa, cartas presentadas por el Sr. Aldo Solimano López Aliaga, Director Técnico de PROHVILLA, Organismo Público Descentralizado de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

PROHVILLA, es la Autoridad Municipal de los Pantanos de Villa, organismo que trabaja en pro de la conservación de los humedales de "Pantanos de Villa" mediante una adecuada gestión técnica y administrativa, promoviendo la política ambiental en la consolidación y protección del ecosistema y su biodiversidad. El Área Natural Pantanos de Villa forma parte del sistema de humedales de importancia internacional, como zona de alimentación, reproducción, albergue, descanso y refugio de aves residentes y migratorias del continente americano las cuales recorren extensas áreas desde Norteamérica hasta Sudamérica, también desde lagunas altoandinas y la Amazonía.
(Fuente: http://pantanosdevida.blogspot.pe).

El Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, en los años 60 fue principalmente afectado por la utilización de sus suelos en la agricultura, pastoreo y extracción de totora. En las últimas tres décadas estas actividades han incrementado, introduciendo grandes cantidades de materiales sólidos, generalmente desmonte, que sirve como relleno o con el fin de deshacerse de la basura (Cano y Young, 1998).

- El 29 de mayo de1989, mediante Resolución Ministerial Nº 0144-89-AG-DGFF, del Ministerio de Agricultura, publicada el 07 de junio de 1989, se crea la Zona Reservada de Los Pantanos de Villa, para la conservación de flora y fauna silvestre, sobre una superficie de 263.27 ha.
- El 20 de enero de 1997 Los Pantanos de Villa, fue reconocido como: "Humedal de importancia nacional e internacional y catalogado como Sitio Ramsar, en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas, respaldado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Pantanos de Villa - INRENA, 1998).
- El 01 de Setiembre del 2006 mediante Decreto Supremo N° 055-2006-AG, la Zona Reservada de los Pantanos de Villa cambia de categoría y se establece como Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa (RVSPV, en adelante), condición que le otorga una mayor protección y manejo para la conservación del hábitat de esta Área Natural Protegida (ANP).

(Fuente: http://pantanosdevilla.galeon.com/)

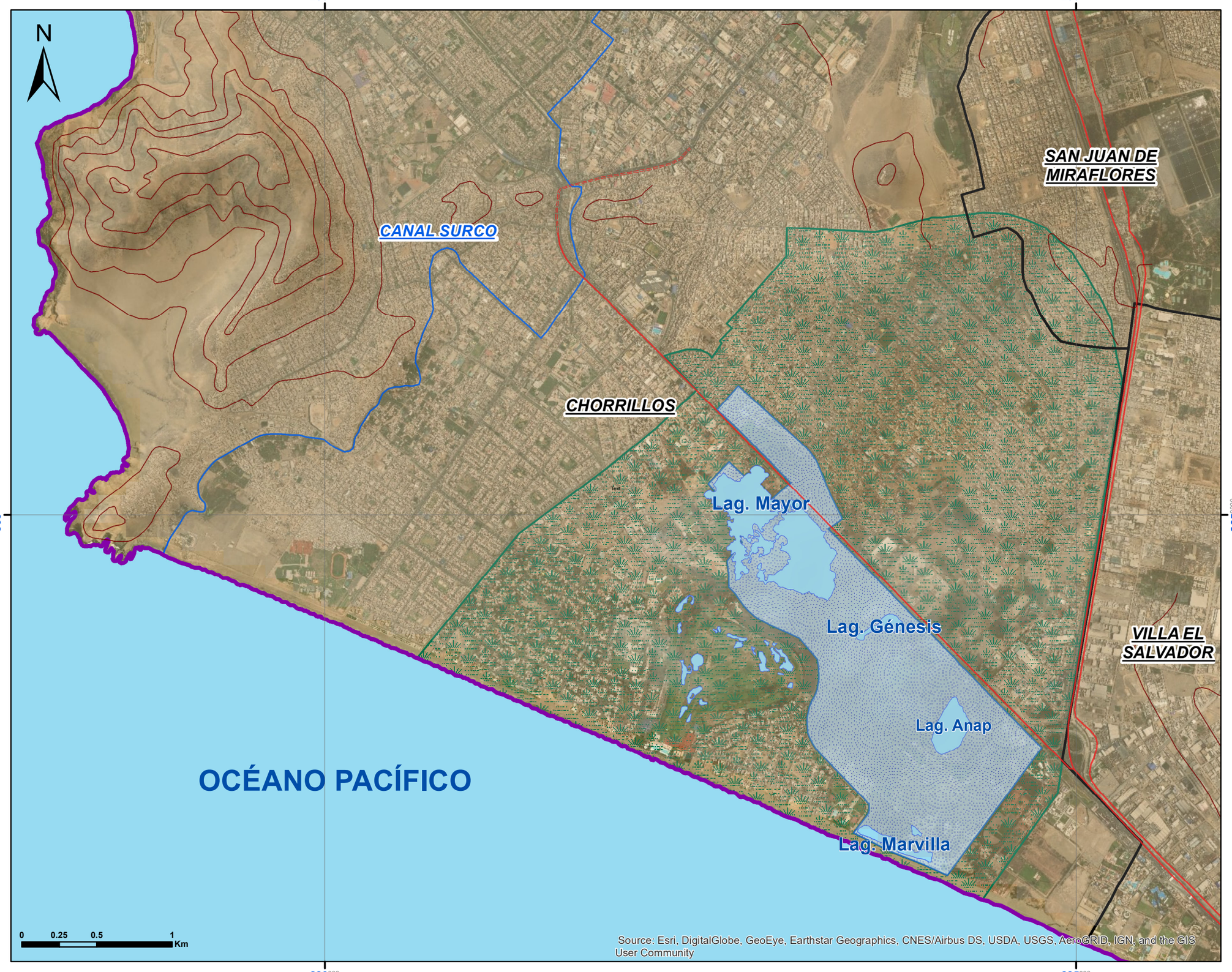
1.3. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

En referencia a la delimitación de las Unidades Hidrogeológicas del Perú (Autoridad Nacional del Agua), El Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa se encuentra ubicada en la intercuenca 1375539, entre las cuencas del río Rímac al Norte y la del río Lurín al Sur.

Políticamente el RVSPV se encuentra al sur de la ciudad de Lima, en el distrito de Chorrillos, provincia y región de Lima, entre las coordenadas geográficas: 12° 11' 37.04" – 12° 13' 23.19" de Latitud Sur y 76° 59' 47.29" – 76° 59' 34.51" de Longitud Oeste, (**Figura 1.1: Mapa de ubicación del RVSPV**).

La zona de amortiguamiento de los Pantanos de Villa, con un área 10.3 km^2, se encuentran rodeada por colinas de alturas de entre los 100 y 300 m.s.n.m. y una línea de playa recta (0 m.s.n.m.), en su mayoría, se ubican asentamientos humanos, urbanizaciones, fábricas, establos, actividades industriales menores (camal y avícolas), que rodean el área del Refugio de Vida Silvestre, propiamente dicho el área protegida, de 276 Ha (según Resolución Ministerial N° 0909-2001), encontrándose entre de 0 – 6.6 m.s.n.m.

El acceso al RVSPV, es por vía terrestre, por la Av. Huaylas (antigua Carretera Panamericana Sur entre los kilómetros 19 y 22), a 1 hora y 30 minutos de la ciudad de Lima.



SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Canal
- Curva de nivel
- Vía asfaltada
- Trocha carrozable
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Zona de amortiguamiento
- Laguna

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA DE UBICACIÓN

Figura 1.1	Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

1.4. CLIMA, FAUNA Y VEGETACIÓN

El clima es desértico, con algunas particularidades típicas de los desiertos tropicales asociados con corrientes marinas frías (Young, 1998), siendo clasificado por Köppen (citado en Lizarzaburu, 1992), como un desierto subtropical árido.

Presenta un cielo despejado durante las estaciones de primavera y verano, con amplia radiación solar y temperaturas que oscilan entre los 15 y 26 °C, con poca precipitación. Durante el invierno y el otoño las temperaturas son más bajas, oscilando entre los 14 y 19 °C, se observa abundante nubosidad produciendo una niebla característica de la zona y una radiación solar difusa e indirecta. La humedad relativa fluctúa entre el 85 y 99 %, con una precipitación que puede alcanzar hasta 60 mm durante los meses de invierno (Lizarzaburu, 1992).

Los Humedales de los Pantanos de Villa, presentan dos grandes ecosistemas que se encuentran en constante interrelación y actividad; el sistema abiótico; formado por el agua, el suelo (Arcilla, sales, arena, rocas sedimentarias y canto rodado), la atmósfera, los rayos solares y los fenómenos climáticos, y el sistema biótico, conformado por una diversidad de flora y fauna característica del lugar, como totoras, junco y algunas gramíneas como la grama salada, que predomina por su adaptabilidad a los suelos salados, más de 250 especies de aves (polluelos de agua, patos zambullidores, águilas, pelícanos, colibríes, etc.); de las cuales 30 especies son migratorias, (gaviotas, garzas blancas, parihuanas, etc.) que periódicamente migran desde Alaska, la región andina y de otros lugares. Encontramos también, una diversidad de insectos como mariposas y mariquitas, algunos reptiles, roedores y peces como la tilapia entre otros. (Fuente: https://Refugio_de_vida_silvestre_de_los_Pantanos_de_Villa). (Fotografías 1.1 y 1.2).

Por otro lado, la actividad antrópica actúa amenazando la extinción de estos dos ecosistemas, su afán e interés de aprovechar los suelos construyendo viviendas, fábricas, sin tener el cuidado de conservación, rellenando con desmontes, basuras, fugas de combustible en grifos, etc. genera de manera descontrolada la contaminación de dicho humedal, (Fotografía 1.3)

Fotografía 1.1: Flora y fauna en los Humedales de los Pantanos de Villa (INGEMMET, 2018).

Fotografía 1.2: Flora y fauna en los Humedales de los Pantanos de Villa (INGEMMET, 2018).

Fotografía 1.3: Acumulación de basura en los canales de ingreso de los flujos de agua superficial, hacia los Humedales de los Pantanos de Villa (INGEMMET, 2018).

1.5. METODOLOGÍA

Los estudios se iniciaron, con una primera etapa de gabinete, donde se recopilo información existente de trabajos anteriores, planes maestros, planos base, imágenes satelitales, etc. de la zona de estudio.

Luego se desarrolló los trabajos de campo comprendiendo dos (02) fases, una primera fase, donde se realizó una inspección técnica a manera de reconocimiento del área de estudio, incluyendo reuniones previas con las autoridades respectivas para identificar la problemática, así elaborar un plan de trabajo (Fotografía 1.4).

Fotografía 1.4: Reunión informativa y coordinación del plan de trabajo a las autoridades (INGEMMET, 2018).

En la segunda fase, se recolecto 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), la medida del caudal, elaboración de secciones estructurales, litología, entre otros. Cada fuente trabajada se muestreo para su respectivo análisis químico de aniones, metales disueltos, metales totales y elementos traza por el método ICP Masa óptico lo que nos permitirá conocer las características hidroquímicas del agua y su calidad, en comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN).

Para el análisis geológico e hidrogeológico, se inició tomando como base la carta geológica nacional (INGEMMET), con datos e interpretaciones recopiladas en campo, presentadas a escala 1:25 000; así mismo, se realizó el inventario de fuentes de agua, obteniendo tres (03) manantiales, como manifestaciones de la presencia de reservorios subterráneos que alimentan el humedal y dos (02) calicatas analizadas en el momento de la recuperación de los niveles freáticos, también se trabajaron las tres (03) lagunas del humedal (Laguna Mayor, laguna Genesis y laguna Marvilla), los canales de conexión y desfogue respectivos (02 puntos de control) y un punto de las aguas de mar en este sector.

En los trabajos de geofísica, se realizaron sondeos eléctricos verticales (SEV) y tomografías eléctricas, para complementar las interpretaciones de los flujos subterráneos en el subsuelo y conocer la geometría del acuífero, el levantamiento de esta información, se procesó conjuntamente con los datos recopilados en la elaboración de cuatro (04) calicatas, donde se observó los materiales sedimentarios, estratos en su interior y la recuperación de los niveles freáticos, lo que nos sirvió para interpretar el comportamiento de los flujos subterráneos.

Posteriormente, en una segunda etapa de gabinete, se procedió con el procesamiento e interpretaciones de la información recopilada, plasmada sobre mapas temáticos y elaboración del informe técnico final que cuenta con la descripción y análisis de la hidrogeología e hidroquímica de las fuentes de aguas, figuras, diagramas, gráficos, cuadros, conclusiones y recomendaciones acorde a los objetivos.

1.6. EQUIPO DE TRABAJO

En la elaboración del presente informe técnico participaron los ingenieros geólogos Jose Luis Moreno Herrera, Maura Charca Huaricallo, Walter Pari Pinto (especialista en geofísica) y Jimmy Astrid Fiestas Zúñiga; así como, el apoyo de los ingenieros geólogos Jesús Alberto Torres Guerra, Karen Dueñas Olivera y Melanie Huaman Nieto, de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET.

Los trabajos en campo se realizaron con el apoyo del personal de PROHVILLA: Ing. José Junco Lizarbe (jefe de la oficina de Investigación Científica y Desarrollo de Proyectos), personal de la oficina de Obras y Ecoturismo: Carlos Fernando Bramon Berrocal, Miguel Bernardo Perez Garcia, Heberth Alonso Febres Peres, Victor Zeña Aguilar, Bernabe Crispin Baldeon Romo, Doroteo Gabriel Quihui Oscurrima. Voluntarios de la Universidad Peruana Unión, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura: Cristofer Fernando Mariño Condori y Alder Frank Illezcas Meza y Joseps Andrade Choque (centro de investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería).

CAPÍTULO II

GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA

2.1. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa (RVSPV), situado en paralelo a la línea de Costa, presenta una amplia llanura ligeramente ondulada, rodeado hacia el norte por colinas (Fotografía 2.1), al sur por mantos de arena y al oeste una terraza marina, se encuentra conformada por un gran número de cuerpos de agua, producto de la infiltración y afloramiento de aguas subterráneas que van a dar al mar.

Fotografía 2.1: Se observa hacia el norte las colinas que rodean el RVSPV, al ser de baja pendiente han sido urbanizadas. En la llanura está presente la Typha angustifolia conocido como "totora", planta frecuente que se ubica bordeando los humedales (INGEMMET, 2018).

En la zona de estudio se distinguen 3 unidades geomorfológicas (**Figura 2.1: Mapa Geomorfológico**).

- Colinas y lomadas: Esta unidad de origen estructural denudacional, se sitúan al norte del RVSPV, conformada por el cerro Morro Solar de 200 m de altura, con pendientes de moderadas a fuertes que agrupa rocas sedimentarias del cretácico. Al sur se muestran acumulaciones eólicas del pleistoceno, que han migrado desde las playas del litoral transportadas por el viento, dando lugar al Cerro Lomo de Corvina de 150 m. de altura y 4 km. de longitud de dirección SE-NO.

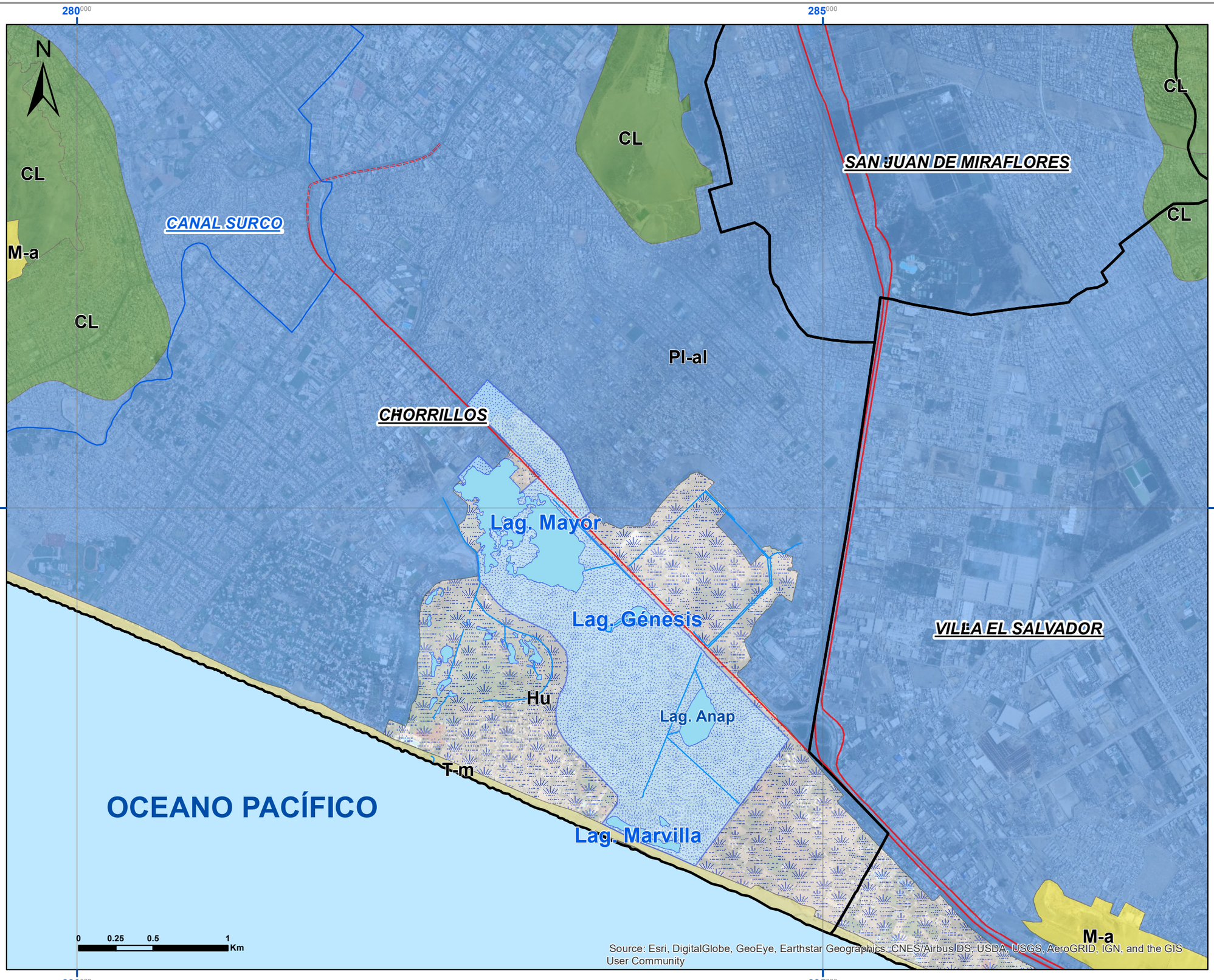
- Llanura o planicie aluvial: Bajo esta unidad se sitúa el RVSPV, con un relieve ligeramente ondulado, lo que indujo a ser rellenado y nivelado; sufriendo así la rápida expansión urbana de los distritos de Chorrillos, Villa El Salvador y San Juan de Miraflores, provocando la pérdida en área y degradación del RVSPV. Esta unidad se constituye por material no consolidado, resultante de procesos de acumulación fluvio deltaica desarrollada por el río Rímac (Guzmán M., Zavala C., & Valenzuela O., 1997). En la llanura se exponen las Lagunas Mayor, Génesis y Marvilla del RVSPV donde la capa freática es superficial. Las mismas que dependen de los flujos de agua que provienen de los manantiales situados en la zona de Villa Baja, a 1km aproximadamente de las lagunas, estos flujos son llevados a través de canales hacía ellas. Las lagunas del RVSPV albergan una gran fauna y vegetación (Fotografía 2.2).

Fotografía 2.2: En la llanura aluvial se exponen las diferentes lagunas que albergan una biodiversidad y dinámica ecológica, la imagen muestra la Laguna Marvilla con una extensión de 2.75 ha, sometida a las corrientes marinas (INGEMMET, 2018).

- Terraza marina: Unidad paralela a la línea de costa, con alturas menores a 2.0 m, forma una angosta plataforma compuesta por la acumulación de sedimentos finos (arena) y conchillas de moluscos producto de las corrientes litorales, pobremente estratificadas, expuesta a la acción de la marea, formando playas abiertas (Fotografía 2.3). Desde estas playas, la arena es transportada al continente por acción eólica.

Fotografía 2.3: Terraza marina, se observa una plataforma estrecha, pero muy larga producto de la acumulación de arena y conchillas de moluscos, por acción de la marea (INGEMMET, 2018).

Figura 2.1: Mapa Geomorfológico



SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Flujo de agua
- Vía asfaltada
- Trocha carrozable
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Laguna

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

CL	Colinas y lomadas
Pl-al	Llanura o planicie aluvial
T-m	Terraza marina
M-a	Mantos de arena
Hu	Humedales

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA GEOMORFOLÓGICO

Figura 2.1	Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

2.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En este capítulo, conoceremos los tipos de rocas y suelos que se encuentran en la zona de estudio, muy brevemente podemos resumir que el RVSPV, se encuentra localizado en depósitos aluviales moderadamente profundos, con suelos de drenaje pobre, afloramientos de la capa freática muy cerca de la superficie y con un escurrimiento superficial lento, siendo susceptibles a inundación, con problemas de excesiva salinidad, con concentración de sales entre 11 ppm a 60 ppm (León, et al., 1995). El suelo está formado por un material arcillo-arenoso, limo-arcilloso o limo-arenoso.

En algunas áreas presenta cantos rodados de diversas jerarquías y con una matriz arenosa, intercalado con capas de material arcilloso a franco, (Lizarzaburu, 1992).

Los sustratos que contienen mucha materia orgánica son de importancia, formados principalmente por material vegetal en descomposición, depositado debajo del agua, mezclándose con la arena, limo o arcilla, se trata de suelos corrosivos de consistencia blanda o medianamente compacta y muy húmedos.

De acuerdo a la información geológica de los cuadrángulos de La Molina (25-j4) y Lima (25-i1) a escala 1:50 000 (León Lecaros, De la Cruz, Rosell, & Torres, 2002); en la zona de estudio afloran rocas sedimentarias cretácicas del Grupo Morro Solar y Grupo Lima que rodean el RVSPV. Este mismo se sitúa sobre depósitos aluviales recientes, al oeste se exponen depósitos marinos.

Al norte, las colinas que rodean el RVSPV, están conformadas por rocas sedimentarias cretácicas del Grupo Morro Solar, que agrupa a la Formación Salto del Frayle, constituido de areniscas cuarzosas gris blanquecino de estratificación delgada a gruesa, el tope es transicional con la Formación Herradura, compuesta de arcillas, limoarcillitas con capas de areniscas de grano medio intercaladas con lutitas fisibles y calizas lodolíticas gris. Ya en la cumbre del cerro Morro Solar se identifica la Formación Marcavilca, cuya litología muestra areniscas grises de grano fino con estratos esporádicos de lutitas y limolitas.

En la zona de estudio también se tiene al Grupo Lima, representado por la Formación Pamplona, serie arcillo calcárea, cuya litología consta de limoarcillitas (León Lecaros & De la Cruz Matos, 2003), abigarradas finamente estratificadas con intercalaciones de calizas y margas.

El RVSPV, se extiende sobre depósitos aluviales del cuaternario, constituido de gravas de forma irregular en una matriz arenolimosa (Palacios Moncayo, Caldas Vidal, & Vela Velásquez, 1992), semicompactada, seco a ligeramente húmedo, de permeabilidad media a alta hacia el continente; sin embargo, hacia el litoral presenta una matriz areno arcillosa. Este depósito ha recibido aporte antrópico por la disposición de residuos sólidos y desmonte, generando puntos críticos, causando variaciones químicas en la composición de los flujos subterráneos por contacto con estos desmontes, debido a que la napa freática se encuentra casi en superficie (Fotografía 2.4).

Al oeste del RVSPV situamos los depósitos marinos compuesto de arenas de grano medio a fino, limos y gravas retrabajadas por acción de las olas. A estos depósitos, se les encuentra a lo largo de la línea de costa.

En pequeña extensión se observan los depósitos eólicos, se encuentran emplazados en las proximidades de la costa, siguiendo la topografía local. Estos depósitos están acumulados sobre rocas in situ como en la llanura aluvial, formado por arenas cuarzosas de grano medio a fino, de capas uniformes.

Fotografía 2.4: Depósito aluvial, se observa una secuencia intercalada de gravas, arenas de grano medio a fino y arcillas. Nótese la evidencia de surgencias de agua a unos 0.50 m del nivel del suelo (Esta calicata recupero el nivel de agua hasta donde se indica en la fotografía), (INGEMMET, 2018).

Finalmente, la presencia de rocas intrusivas que afloran en el sector noroeste del RVSPV, corresponden a dioritas del cretáceo superior de la Súper Unidad Patap.

2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la zona de estudio, dentro de las rocas del Grupo Morro Solar, se observa la Falla Salto del Fraile, en contacto de la Formación Herradura con la Formación del mismo nombre de la falla, 300 m. antes de la playa Herradura, de rumbo, N75°E y buzamiento de 80° al NO, su movimiento es sinextral normal.

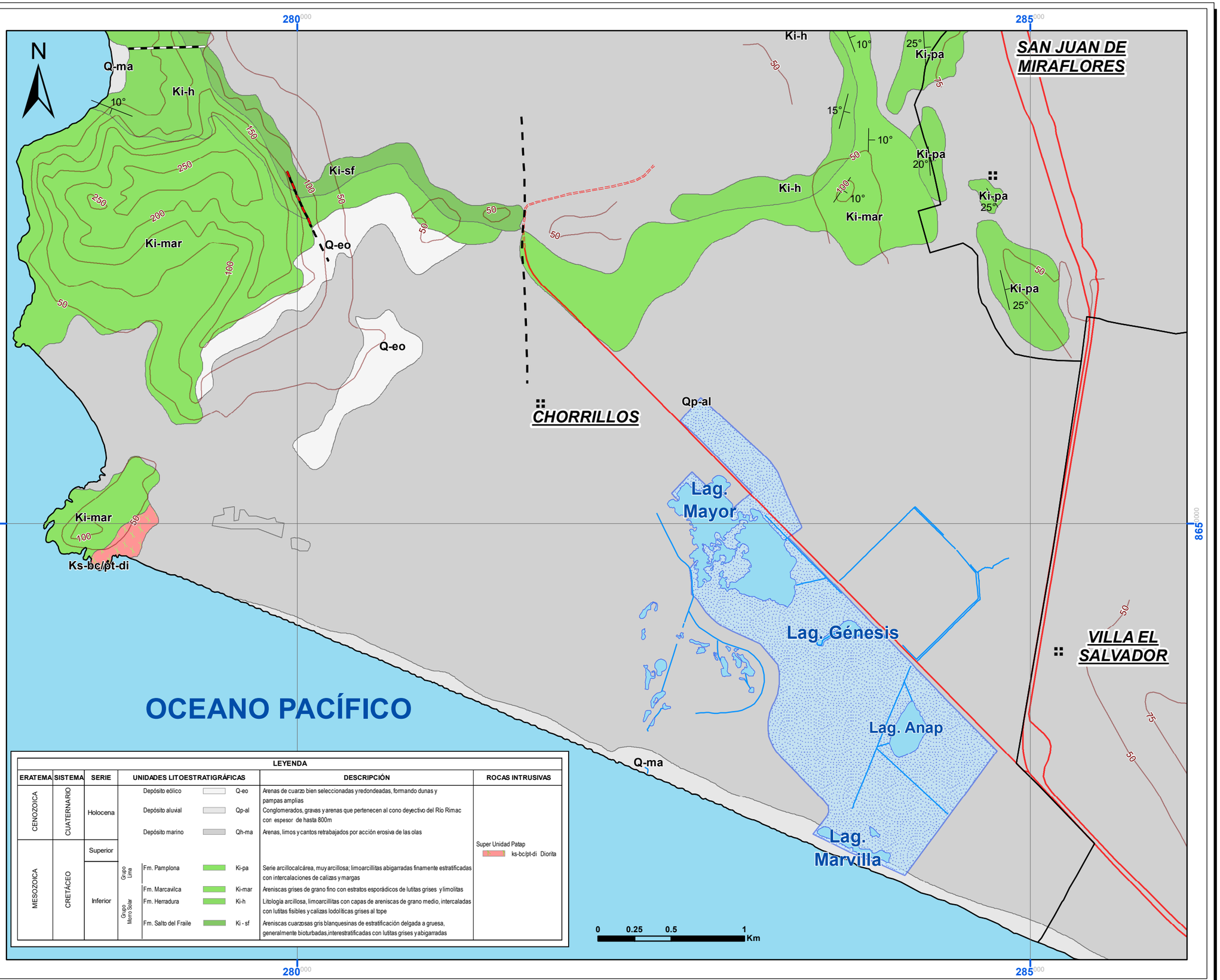
También se observa la Falla El Túnel, que afecta a las formaciones Salto del Fraile y Herradura, que se encuentra paralela al túnel de la Herradura, su rumbo es N60°E con buzamiento de 75° NO, su movimiento es siniestral normal.

En la playa La Chira, se observa la falla que lleva el mismo nombre, que afecta a la Formación Marcavilca con rumbo N5°O y su plano de falla es vertical, su movimiento es dextral normal (Palacios Moncayo, Caldas Vidal, & Vela Velásquez, 1992).

Estas fallas, se comportan como condicionantes para las filtraciones de las aguas subterráneas recargando el acuífero de Lima, y por consiguiente los Humedales del RVSPV.

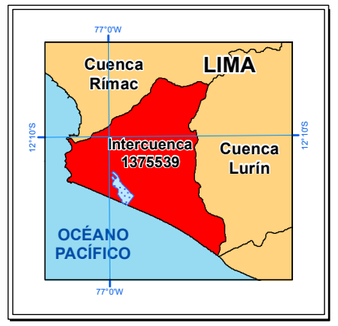
Para entender la distribución de las unidades geológicas dentro de la zona de estudio se presenta la figura 2.2: Mapa geológico del RVSPV.

Figura 2.2: Mapa geológico del RVSPV.



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		DESCRIPCIÓN	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holocena	Depósito eólico	Q-eo	Arenas de cuarzo bien seleccionadas y redondeadas, formando dunas y pampas amplias	
			Depósito aluvial	Qp-al	Conglomerados, gravas y arenas que pertenecen al cono deyectivo del Rio Rimac con espesor de hasta 800m	
			Depósito marino	Qh-ma	Arenas, limos y cantos retrabajados por acción erosiva de las olas	
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior				Super Unidad Patap: ks-bc/pt-di Diorita
		Inferior	Grupo Lima — Fm. Pamplona	Ki-pa	Serie arcillocalcárea, muy arcillosa; limoarcillitas abigarradas finamente estratificadas con intercalaciones de calizas y margas	
			Grupo Morro Solar — Fm. Marcavilca	Ki-mar	Areniscas grises de grano fino con estratos esporádicos de lutitas grises y limolitas	
			Fm. Herradura	Ki-h	Litología arcillosa, limoarcillitas con capas de areniscas de grano medio, intercaladas con lutitas fisibles y calizas lodolíticas grises al tope	
			Fm. Salto del Fraile	Ki - sf	Areniscas cuarzosas gris blanquesinas de estratificación delgada a gruesa, generalmente bioturbadas,interestratificadas con lutitas grises y abigarradas	



SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Curva de nivel (100)
- Flujo de agua
- Vía asfaltada
- Trocha carrozable
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Laguna

ESTRUCTURAS

- 10° — Rumbo y buzamiento de los estratos
- Falla inferida Chira
- Falla sinextral normal Salto de Fraile
- Falla sinextral normal El Tunel

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA GEOLÓGICO

Figura 2.2	Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

CAPITULO III

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA

El presente capítulo se desarrolló para conocer la geometría del acuífero costero, el comportamiento de los flujos subterráneos identificando los niveles freáticos. Para la investigación geofísica se empleó el equipo Sistema Syscal Pro 48 Switch de Irirs Instruments – Francia, de 10 canales, electrodos 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 ocho (08) Sondajes Eléctricos Verticales (SEV) y cuatro (04) Líneas de Tomografía Eléctrica - 2D o ERT (Electrical Resistivity Tomography), enfocadas 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 3.1).

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).

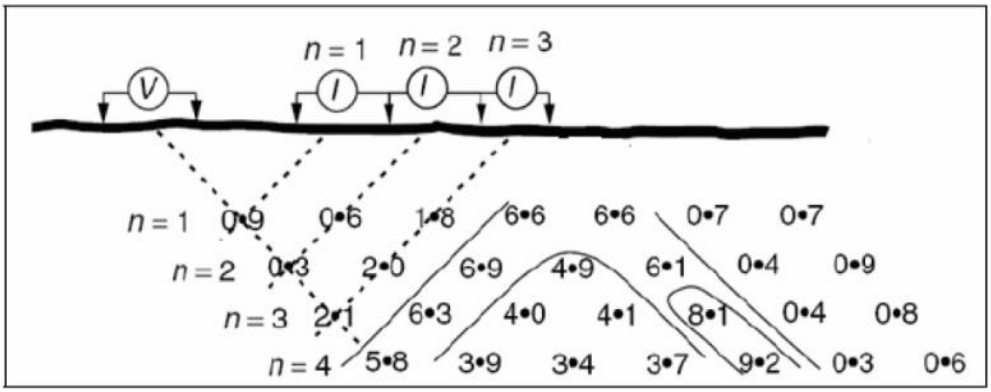


Figura 3.1: Esquema del montaje para la realización de un ERT.

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 geoeléctrico, 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.

3.1. TRABAJOS DE GEOFÍSICA

Comprende 02 etapas, una de campo y otra de gabinete donde se procesaron los datos recopilados. Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de cuatro (4) líneas geofísicas topográficas que cubrieron un total de 920 m de longitud, aplicando la configuración dipolo-dipolo; así mismo, se realizó ocho (08) Sondajes Eléctricos Verticales. Las líneas ejecutadas en el área de estudio se muestran en los siguientes cuadros (3.1 y 3.2):

Cuadro 3.1: Ensayos de las Tomografías Eléctricas desarrolladas en el sector del RVSPV.

Perfiles de Tomografía Eléctrica.	Coordenadas UTM - Datum WGS 84 – Zona 18				Longitud (m)
	Inicio		Fin		
	Este	Norte	Este	Norte	
LT-01	284582	8649729	284424	8649906	230
LT-02	282948	8650575	283108	8650422	230
LT-03	283423	8649830	283591	8649670	230
LT-04	282498	8649426	282464	8649194	230
				TOTAL	**920**

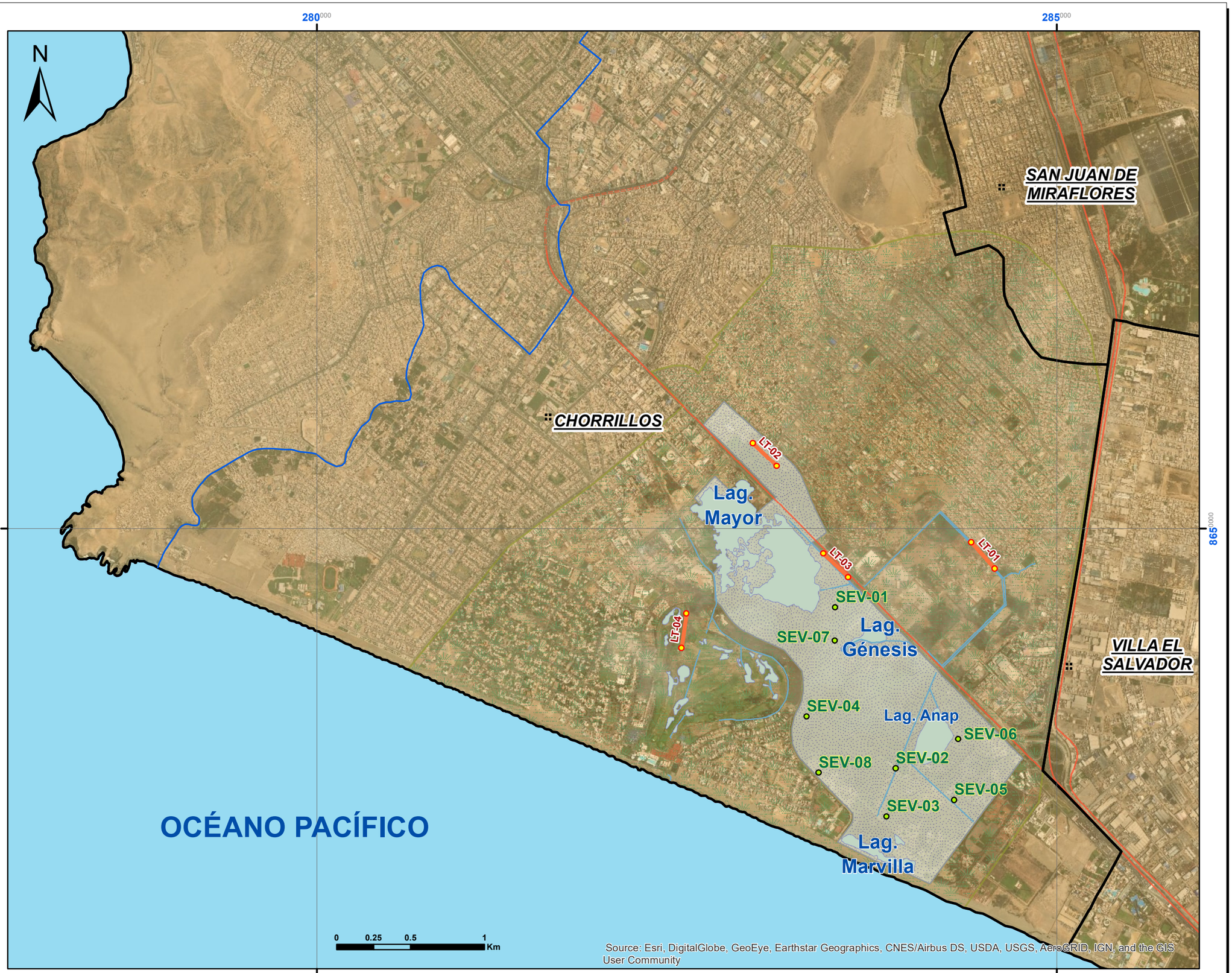
Cuadro 3.2: Ubicación de los ensayos SEV desarrolladas en el sector del RVSPV.

SEV	Coordenadas UTM - Datum WGS 84 – Zona 18	
	Este	Norte
SEV-01	283505	8649467
SEV-02	283913	8648380
SEV-03	283851	8648054
SEV-04	283311	8648730
SEV-05	284308	8648166
SEV-06	284337	8648577
SEV-07	283501	8649242
SEV-08	283391	8648350

La ubicación de las líneas de los trabajos de geofísica se visualiza en la figura 3.2: Ubicación de líneas tomográficas y sondajes eléctricos verticales.

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 georesistivos, esta información, cruzada con un amplio sustento teórico de la geología, servirán para las interpretaciones, llegando a los resultados óptimos. 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.

Figura 3.2: Ubicación de líneas tomográficas y sondajes eléctricos verticales.



SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Canal
- Vía asfaltada
- Trocha carrozable
- LT 01 — Línea tomográfica
- SEV 01 — Sondaje Eléctrico Vertical (SEV)
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Zona de amortiguamiento
- Laguna

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.
DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

UBICACIÓN DE LÍNEAS TOMOGRÁFICAS Y SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES

Figura 3.2	Elaborado por: J. Moreno & W. Pari
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

3.2. 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.

3.2.1. ANALISIS DE LAS TOMOGRAFIAS ELÉCTRICAS

3.2.1.1. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-01 - (Fotografía 3.1 – Figura 3.2).

Se realizó una sección paralela a la antigua carretera Panamericana Sur, utilizando la componente Wenner, ubicada en la calle 12 de octubre. La longitud total de la sección fue de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros a lo largo de 48 canales. 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 3.1: Muestra el alineamiento de la línea LT-1 paralelo a la antigua carretera Panamericana Sur, con un extendido de 230 metros de longitud, llegando a caracterizar a profundidad una anomalía geo eléctrica relacionada a un contacto resistivo y a la concentración mayor de agua dulce en profundidad (Zona de baja resistividad), (INGEMMET, 2018).

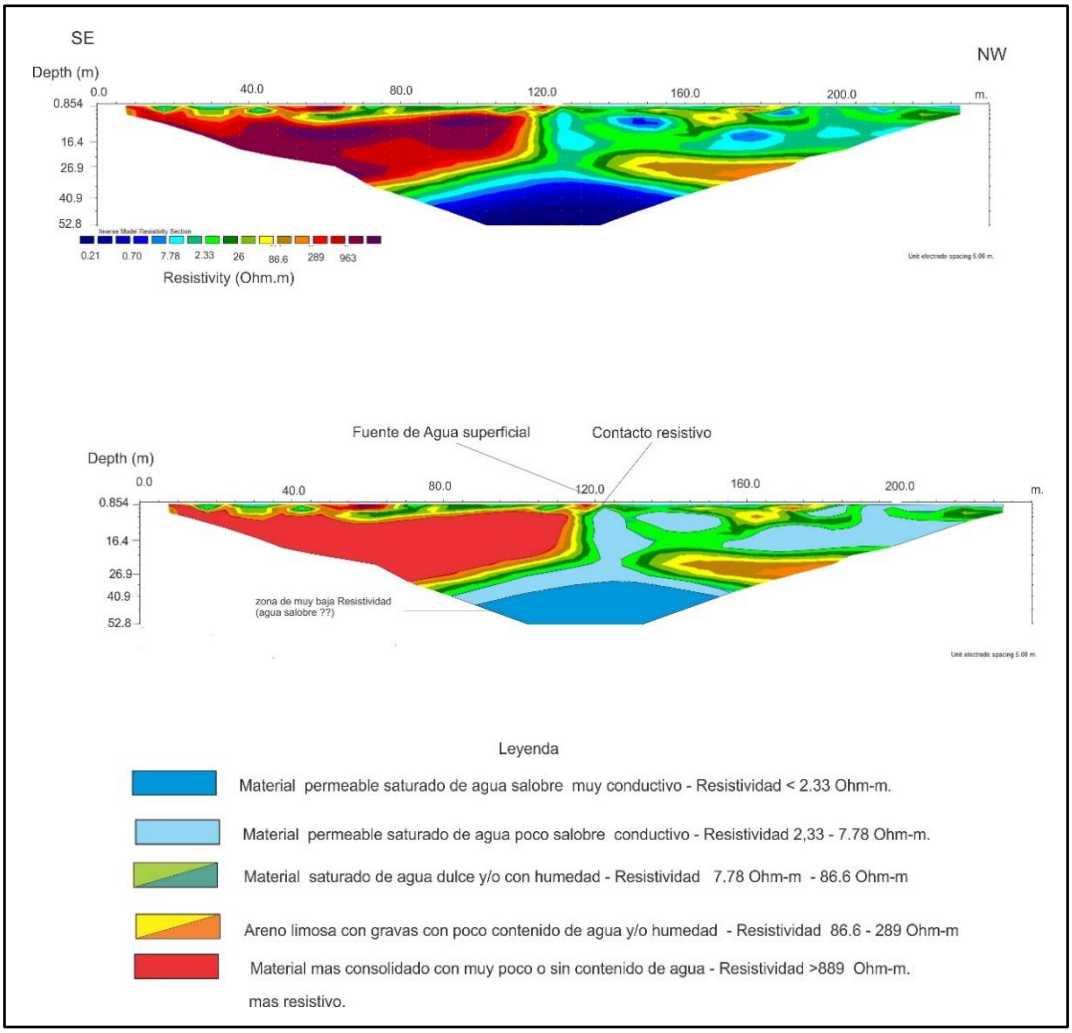


Figura 3.2: Perfil de Tomografía eléctrica LT-01 – Pantanos de Villa. Configuración Wenner. Arriba: En el perfil se observan resistividades que caracterizan los diferentes materiales con aparente variación lateral y donde existe una "zonas de discontinuidad". Abajo: Interpretación del perfil geofísico con la información geológica de superficie, podemos ver dos discontinuidades de Resistividad (bajas a moderadas resistividades), en contacto con la zona de material más consolidado y más resistivo.

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 3.2, muestra una variación lateral de la resistividad. A partir de los 115 m hasta el tramo final del perfil se puede observar una cobertura de resistividades moderadas a bajas debido a que esta zona fluye en profundidad con mayor grado el agua dulce a este punto se le denomina "zona de discontinuidad geoeléctrica" 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 30 m a 33 m y entre los puntos 90 m a 110 m.

Las resistividades muy bajas están relacionadas a zonas permeables con presencia de agua salobre con valores menores a 2.33 Ohm-m y las resistividades bajas de 3.33 Ohm-m a 7.78 Ohm-m relacionada a presencia de agua dulce conductivo poco salobre; y zona de resistividades entre 7.78 Ohm-m a 86.6 Ohm-m a material saturado de agua dulce, mientras las que van entre 86.6 Ohm-m a 289 Ohm-m están relacionadas la presencia de material areno limosa con poco contenido de agua y/o con cierto grado de humedad. El material más consolidado con muy poco o sin contenido de agua tienen una resistividad mayor a 289 Ohm-m.

3.2.1.2. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-02 - (Fotografía 3.2 – Figura 3.3).

Se realizó dentro del campus deportivo - Pantanos de Villa, costado de la antigua Panamericana Sur. La longitud total de la sección es de 240 metros, separando los electrodos cada 5 metros. 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 3.2: Muestra el alineamiento de la línea LT-2 paralela a la línea de costa. Realizamos un perfil de una longitud de 230 metros, llegando a caracterizar a profundidad tres anomalías geo eléctricas relacionadas a filtraciones de agua salobre y/o zona de mayor conductividad a profundidad de 3 m a 18 m, entre los puntos 10 a 95; entre 145 a 160 y la superficial de 200 m a 225 m. (INGEMMET, 2018).

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 3.3, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad, se observa un contacto resistivo casi vertical entre los 120 m a 135 m, y entre los 0 m a 10 m, se puede observar una cobertura de material permeable saturado de agua dulce con zoneamientos de agua salobre que se acuñan a lo largo del perfil. Asimismo, se muestra una zona de resistividades moderadas entre el tramo de 145 m a 200 m a una profundidad media de 16 m.

Las resistividades más bajas están relacionadas a la presencia de agua salobre y/o a arcillas con resistividades menores a 2.33 Ohm-m y las bajas están relacionadas a zonas con presencia de agua poco salobre con valores de entre 2.33 Ohm-m a 7.78 Ohm-m, mientras las que van entre 7.78 Ohm-m a 86.6 Ohm-m están relacionadas la presencia de agua dulce. El material inconsolidado areno limoso con poco contenido de agua y/o humedad tiene una resistividad de entre 86.6 Ohm-m a 289 Ohm-m; y el material más consolidado con muy poco contenido de agua tienen resistividades mayores a 889 Ohm-m.

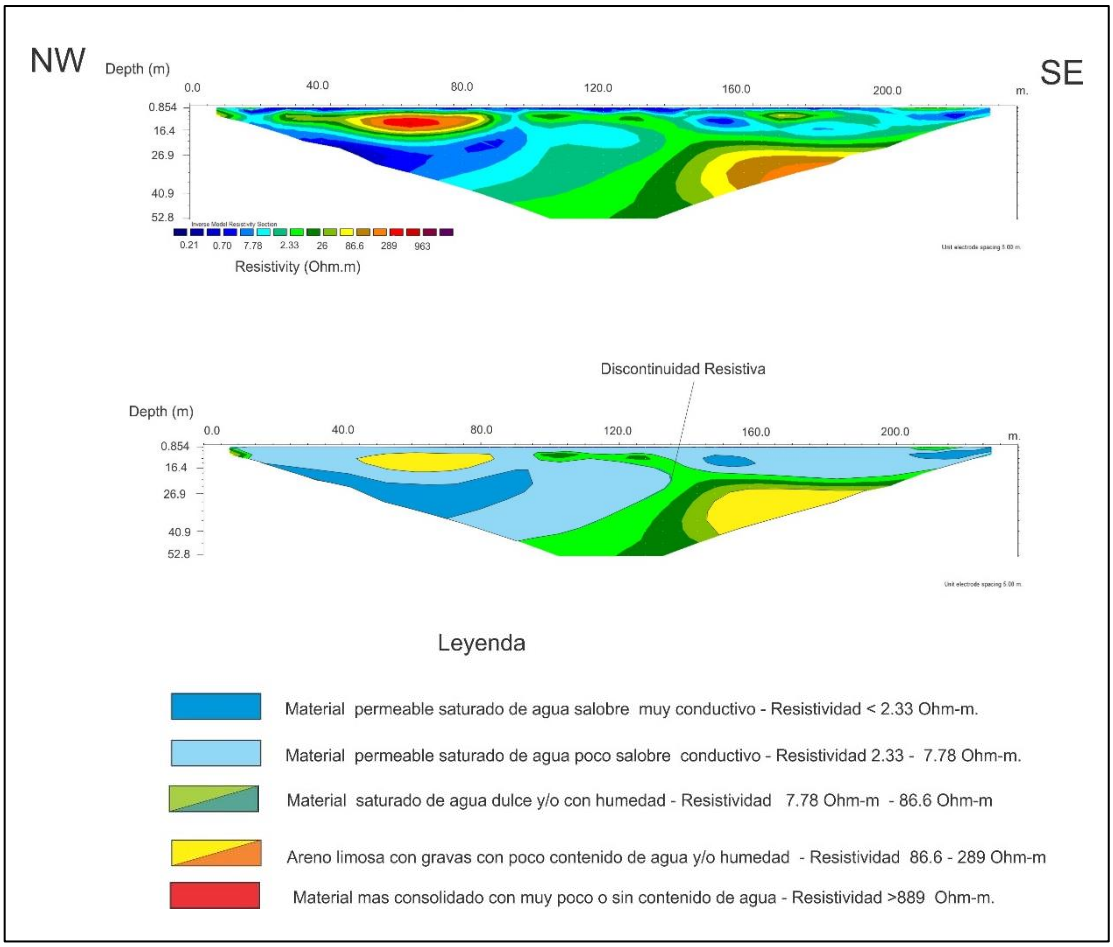


Figura 3.3: Perfil de Tomografía eléctrica LT-02 – Pantanos de Villa. Configuración Wenner. Arriba: En el perfil se observan resistividades que caracterizan los diferentes materiales con aparente variación lateral y donde existen variaciones de la resistividad de moderado a bajo y resistividades moderadas a altas. Abajo: Interpretación del perfil geofísico con vista hacia el este, con la información geológica de superficie, podemos ver que las discontinuidades del material (bajas a moderadas resistividades), en contacto vertical con el material areno limosa con contenido de gravas, las zonas de baja y muy baja resistividad corresponden a la presencia de acumulación de agua salobre y agua dulce.

3.2.1.3. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-03 - (Fotografía 3.3 – Figura 3.4).

Se realizó una sección en la Berma central de la antigua carretera panamericana sur utilizando la componente Wenner. La longitud total de la sección fue de 230 metros, separando los electrodos cada 5 metros. 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 3.3: Muestra el alineamiento de la línea LT-3 paralelo a la línea de costa y ubicado en la berma central de la antigua panamericana sur. Realizamos un perfil de una longitud de 230 metros, llegando a caracterizar en profundidad, dos anomalías geo eléctricas relacionadas a material permeable saturados de agua salobre a profundidades de 16 m a 22 m imbuidos en el acuífero subterráneo de agua dulce, (INGEMMET, 2018).

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 m. La figura 3.4, muestra una variación horizontal y lateral de la resistividad. En el tramo, de los 97 m hasta los 115 metros (parte media del perfil), se puede observar una discontinuidad hacia ambos extremos conservan las mismas características resistivas.

Las resistividades más bajas están relacionadas a la presencia de agua salobre y/o arcillas con resistividades menores a 2.33 Ohm-m y las bajas están relacionadas a zonas con presencia de agua poco salobre con valores de entre 2.33 Ohm-m a 7.78 Ohm-m, mientras las que van entre 7.78 Ohm-m a 86.6 Ohm-m están relacionadas la presencia de agua dulce. El material inconsolidado areno limoso con poco contenido de agua y/o humedad tiene una resistividad de entre 86.6 Ohm-m a 289 Ohm-m; y el material más consolidado con muy poco contenido de agua tienen resistividades mayores a 889 Ohm-m.

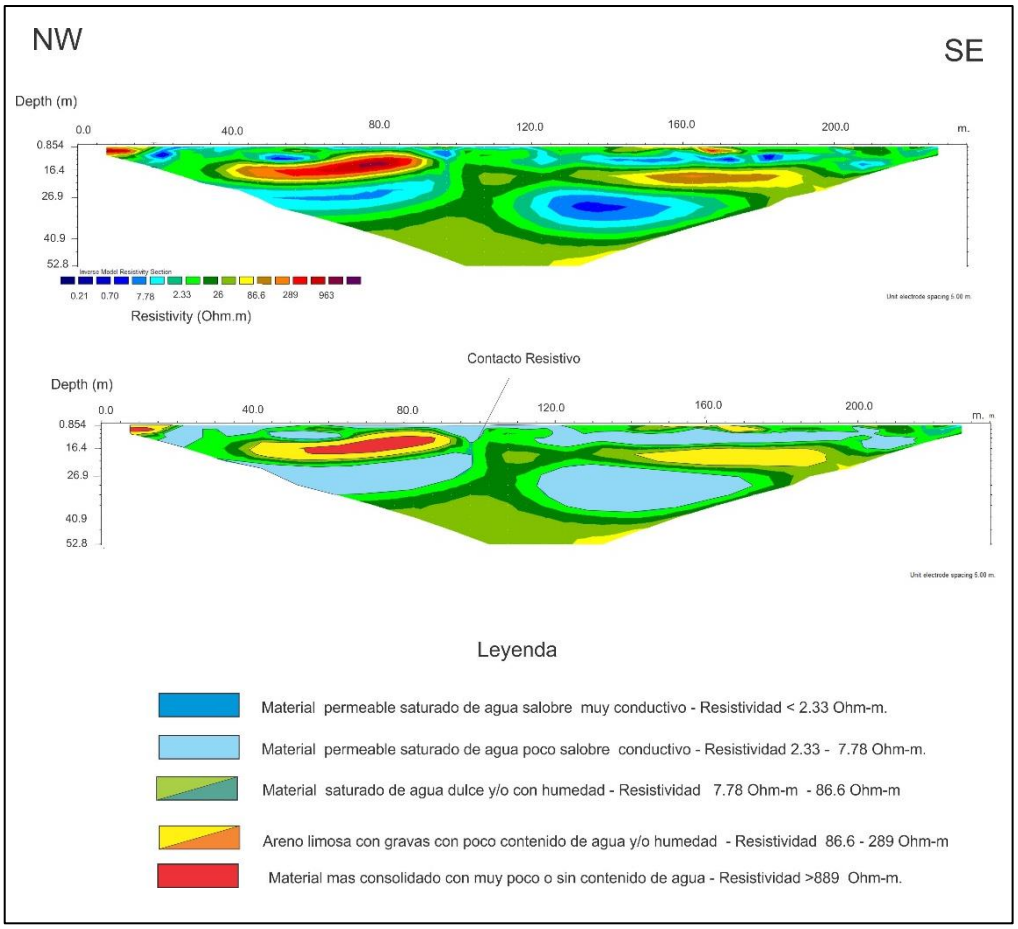


Figura 3.4: Perfil de Tomografía eléctrica LT-03 – Pantanos de Villa. Configuración Wenner. Arriba: En el perfil se observan resistividades que caracterizan los diferentes materiales con aparente variación lateral y donde existe dos zonas de muy baja resistividad, relacionada a la presencia probable de intrusiones de agua salobre. Abajo: Interpretación del perfil geofísico con la información geológica de superficie, podemos ver que las discontinuidades del material (bajas a moderadas resistividades), denotando características de agua salobre en contacto con el agua dulce y que mayormente se acumula a lo largo de todo el perfil existiendo solo dos lentes aislados de material de moderada a alta resistividad.

3.2.1.4. PERFIL DE TOMOGRAFÍA LT-04 - (Fotografía 3.4 – Figura 3.5).

Se realizó en el sector del campo de Golf del Country Club de Villa, de rumbo NE a SW 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. 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 3.4: Muestra el alineamiento de la línea LT-4 de forma transversal a la línea de costa. Realizamos un perfil de una longitud de 230 m, en el acceso de la cancha de Golf, llegando a caracterizar a profundidad una anomalía geo eléctrica relacionada a una zona de moderada a alta resistividad a profundidades de 32 m, en el tramo de entre los puntos 80 m a 185 m. En la parte superior tenemos material saturado de agua mayormente dulce por sus resistividades moderadas y un foco puntual de agua salobre entre los puntos 50 m a 73 m. En la parte superior agua poco salobre se muestra como una capa alargada en toda la sección geoeléctrica, (INGEMMET, 2018).

La tomografía da como resultado una profundidad máxima de penetración de modelado de 50 metros. La figura 3.5, muestra una variación lateral en profundidad de la resistividad. A partir de los 20 m hasta los 230 m se puede observar una cobertura superficial de material permeable con resistividades bajas, muy bajas y moderadas conformando casi la mitad superior de la sección y por debajo sus resistividades aumentan denotando la presencia de material areno limoso con gravas con poco contenido de agua y por debajo se presenta la capa más compacta con resistividad más altas.

Las resistividades más bajas están relacionadas a la presencia de agua salobre y/o a arcillas con resistividades menores a 2.33 Ohm-m y las bajas están relacionadas a zonas con presencia de agua poco salobre con valores de entre 2.33 Ohm-m a 7.78 Ohm-m, mientras las que van entre 7.78 Ohm-m a 86.6 Ohm-m están relacionadas la presencia de agua dulce. El material inconsolidado areno limoso con poco contenido de agua y/o humedad tiene una resistividad de entre 86.6 Ohm-m a 289 Ohm-m; y el material más consolidado con muy poco contenido de agua tienen resistividades mayores a 889 Ohm-m.

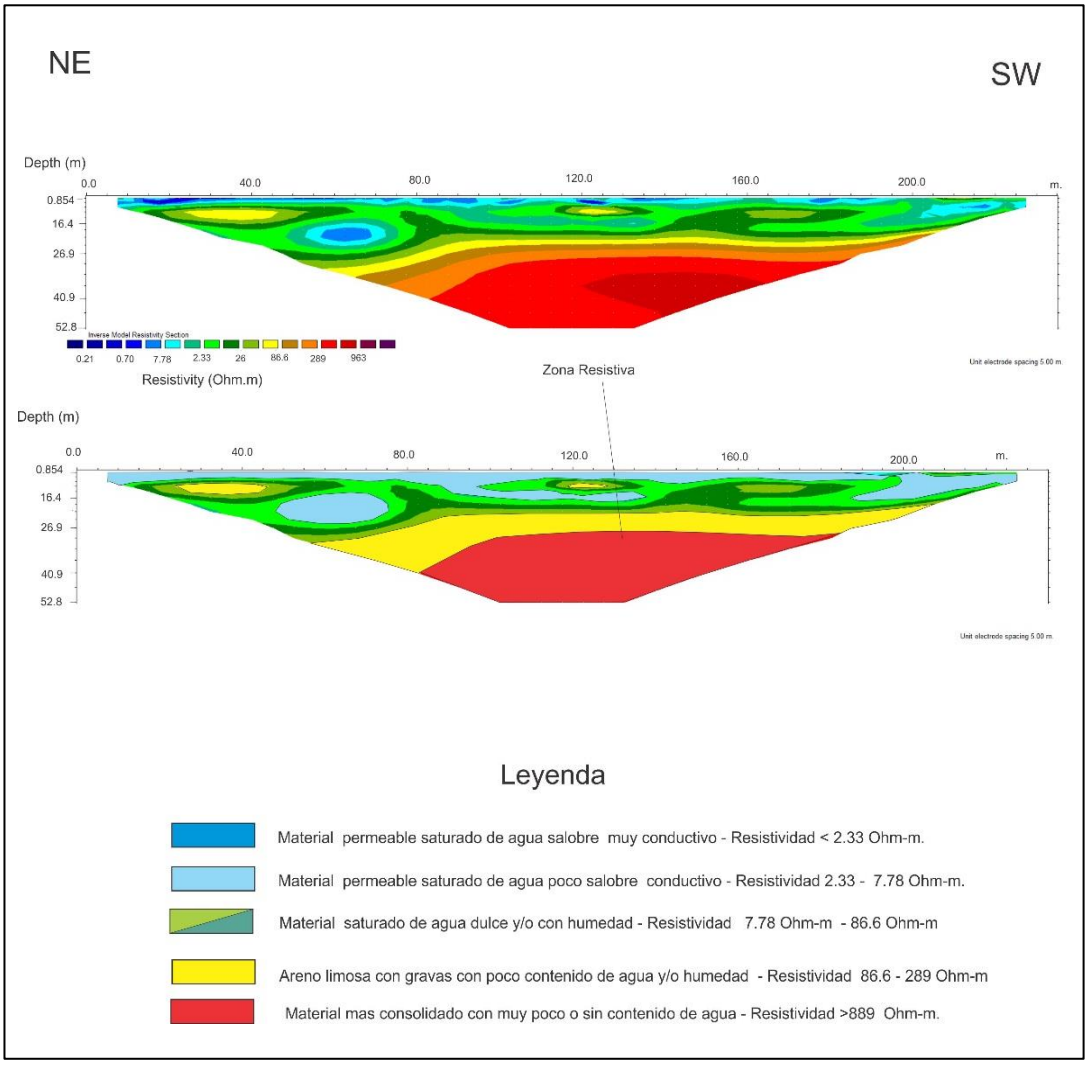
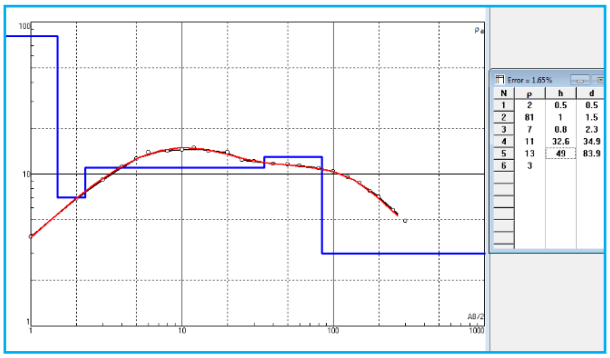


Figura 3.5. Perfil de Tomografía eléctrica LT-04 – Pantanos de Villa. Configuración Dipolo-Dipolo. Arriba: En el perfil se observan resistividades que caracterizan los diferentes materiales con aparente variación vertical y donde existen variaciones de la resistividad de moderado a bajo y resistividades moderadas a altas. Abajo: Interpretación del perfil geofísico con vista hacia el este, con la información geológica de superficie, podemos ver que las discontinuidades del material (bajas a moderadas resistividades), en contacto vertical con el material areno limosa con contenido de gravas, conforman contactos de resistividad limitando las zonas de baja a muy baja resistividad que corresponden a las anomalías con presencia de agua salobre y de resistividades moderadas a agua dulce y/o con muy poco contenido de sales.

Figura 3.8: a) Curva Geoeléctrica del SEV-03 y b) fotografía correspondiente al SEV-03 - RVSPV

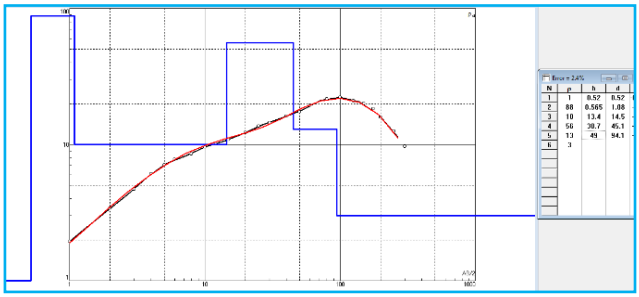
a)



b)

Figura 3.9: a) Curva Geoeléctrica del SEV-04 y b) fotografía correspondiente al SEV-04 - RVSPV

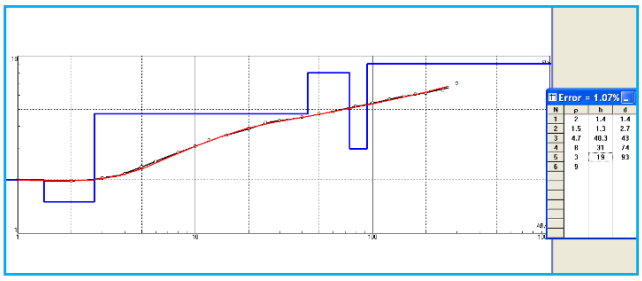
a)



b)

Figura 3.10: a) Curva Geoeléctrica del SEV-05 y b) fotografía correspondiente al SEV-05 - RVSPV

a)



b)

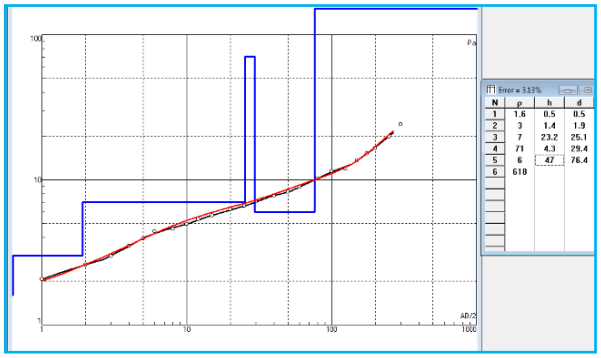
3.2.2. ANALISIS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES - SEV

Se ha graficado cinco (05), perfiles geoeléctricos en base a los resultados obtenidos de los ocho (8) Sondeos Eléctricos Verticales - SEV1, SEV2, SEV3, SEV4, SEV5, SEV6, SEV7 y SEV8, dentro de RVSPV, se ha correlacionado los valores de la resistividades con la litología del lugar, la que se observa las variaciones geofísicas para los diferentes puntos SEV en profundidad, se puede definir: el espesor de las capas superficiales (depósitos recientes) y la formación geológica que subyace al material cuaternario superficial, granulometría, permeabilidad de las capas geoeléctricas existentes en el área.

A continuación, en las siguientes figuras se muestran las curvas geoeléctricas obtenidas de cada sondaje eléctrico vertical y sus respectivas fotografías (INGEMMET, 2018), de trabajos en campo.

Figura 3.6: a) Curva Geoeléctrica del SEV-01 y b) fotografía correspondiente al SEV-01 – RVSPV

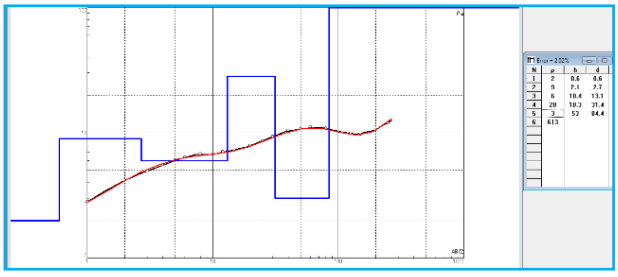
a)



b)

Figura 3.7: a) Curva Geoeléctrica del SEV-02 y b) fotografía correspondiente al SEV-02 – RVSPV

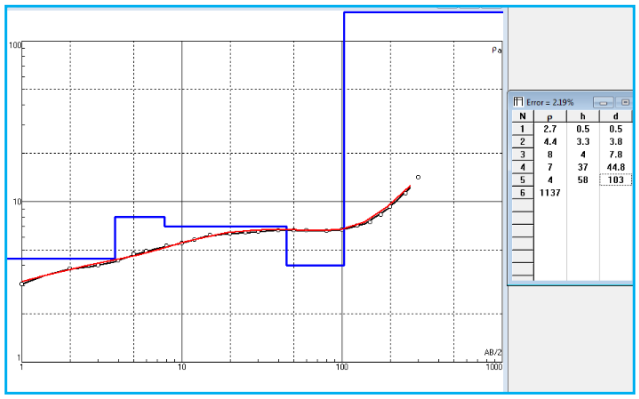
a)



b)

Figura 3.11: a) Curva Geoeléctrica del SEV-06 y b) fotografía correspondiente al SEV-06 - RVSPV

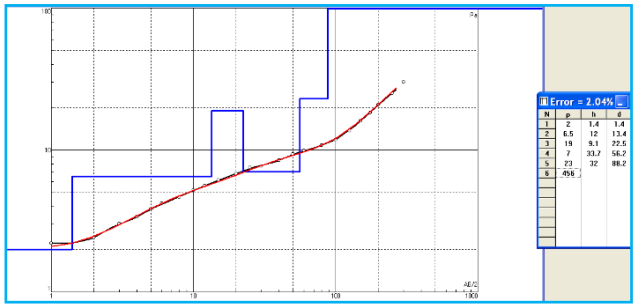
a)



b)

Figura 3.12: a) Curva Geoeléctrica del SEV-07 y b) fotografía correspondiente al SEV-07 - RVSPV

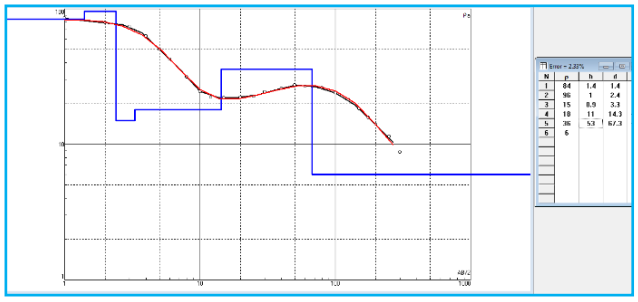
a)



b)

Figura 3.13: a) Curva Geoeléctrica del SEV-08 y b) fotografía correspondiente al SEV-08 - RVSPV

a)



b)

Cada curva geoeléctrica muestra la resistividad geoeléctrica "ρ", 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 cinco (05) perfiles geoeléctricos, que se muestran a continuación:

3.2.2.1. PERFIL GEOELÉCTRICO A-A' - SECTOR LAGUNA GÉNESIS (Figura 3.14)

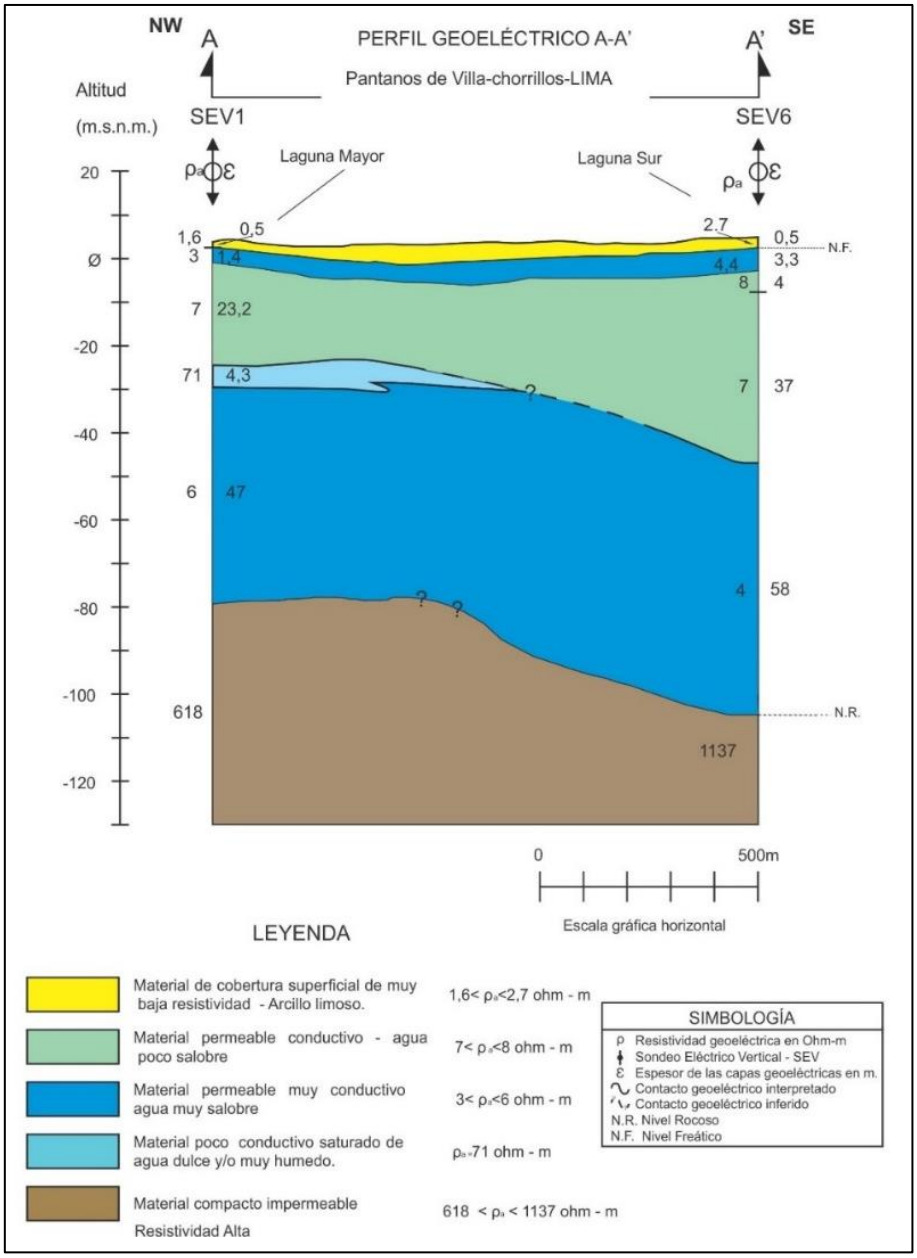


Figura 3.14: El perfil geoeléctrico A-A', se ubica en el Sector de la Laguna Génesis, con rumbo NW-SE, los resultados para este sector, se realizaron en base a dos (02) sondajes (SEV-01 y SEV-06), cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3: Resultados del Perfil Geo eléctrico A-A' - Sector de la Laguna Génesis.

SEV	TIPO DE CURVA	RESULTADOS											
		1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
		ρ1	E1	ρ2	E2	ρ3	E3	ρ4	E4	ρ5	E5	ρ6	E6
SEV-01	AAKH	1.6	0.5	3	1.4	7	23.2	71	4.3	6	47	618	----
SEV-06	AKAH	2.7	0.5	4.4	3.3	8	4	7	37	4	58	1137	---
ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω-m) E = Espesor de la capa en metros													

INTERPRETACIONES:

En el SEV-01 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=1.6 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 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- material cuaternario antiguo con resistividad bajas de entre ρa= 3 Ohmio-m a ρa= 7 Ohmio-m y un espesor de E= 24.6 m; subyace a una profundidad de Z=25.1 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=71 Ohmio-m y de espesor delgado de E=4.3 m ; Subyace una profundidad de 29.4 m, una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=6 Ohmio-m de espesor E=47 m; Subyace a una profundidad de Z=76.4 m la roca masiva compacta con resistividades de ρa= 618 Ohmio-m y de espesor indefinido.

El SEV-06 ubicado al Sureste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2.7 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 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 muy salobre- material cuaternario antiguo con resistividad muy bajas de ρa=4.4 Ohmio-m y un espesor de E= 3.3 m; subyace a una profundidad de Z=3.8 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de entre ρa=7 Ohmio-m a de ρa=8 Ohmio-m y de espesor grueso de E=41 m ; Subyace una profundidad de 44.8 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=4 Ohmio-m de espesor E=58 m; Subyace a una profundidad de Z=102.8 m un material la roca masiva compacta con resistividades de ρa= 618 Ohmio-m y de espesor indefinido.

El Cuadro 3.4, muestra las profundidades de la napa freática y la roca, del perfil geoeléctrico A-A'.

SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV-01	0.5	76.4
SEV-06	0.5	102.8

3.2.2.2. PERFIL GEOELÉCTRICO B-B'- SECTOR CLUB LAS GARZAS (Figura 3.15)

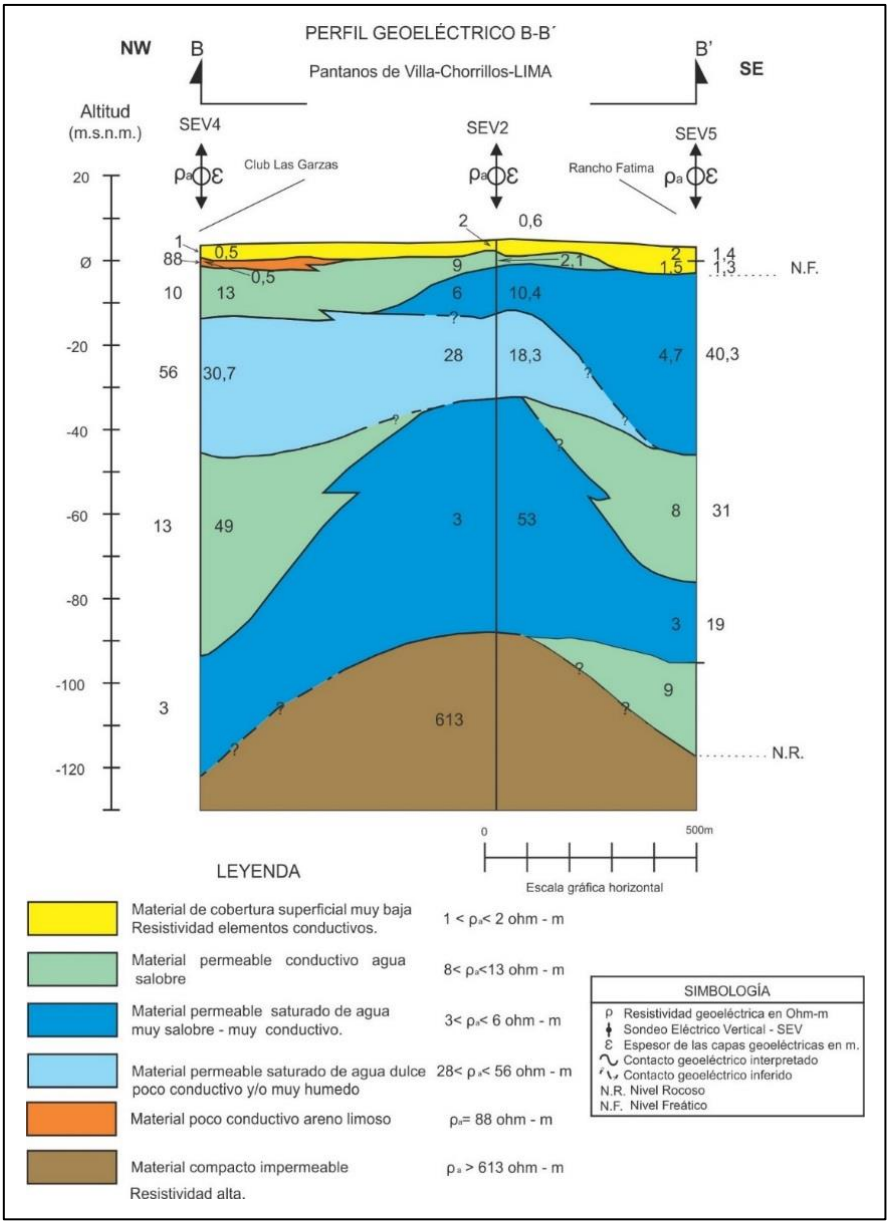


Figura 3.15: Se ubica en el Sector del Club Las Garzas, con rumbo NW-SE los resultados para este sector, se realizaron en base a tres (03) sondajes (SEV4, SEV2 y SEV5), cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5: Perfil Geo eléctrico B-B'- Sector Club Las Garzas.

SEV	TIPO DE CURVA	RESULTADOS											
		1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
		ρ1	E1	ρ2	E2	ρ3	E3	ρ4	E4	ρ5	E5	ρ6	E6
SEV-04	KHKQ	1	0.5	88	0.5	10	13	56	30.7	13	49	3	----
SEV-02	KHKH	2	0.6	9	2.1	6	10.4	28	18.3	3	53	613	---
SEV-05	HAKH	2	1.4	1.5	1.3	4.7	40.3	8	31	3	19	9	----
ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω-m) E= Espesor de la capa en metros													

INTERPRETACIONES:

El SEV-04 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=1 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 m se encuentra un material poco conductivo arenoso limoso con resistividad de ρa=88 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m; subyaciendo a una profundidad de Z=1 m se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría fina y/o con contenido de elementos muy conductivos y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de ρa=10 Ohmio-m y un espesor de E= 13 m; subyace a una profundidad de Z= 14 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=56 Ohmio-m y de espesor de E=30.7 m ; Subyace una profundidad de 44.7 m, una capa permeable muy conductivo con contenido de agua salobre con resistividad de ρa=13 Ohmio-m de espesor E=49 m; Subyace a una profundidad de Z>93.7 m la roca masiva compacta de espesor indefinido.

El SEV-02 ubicado en el sector central del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.6 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.6 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- material cuaternario antiguo con resistividad bajas de ρa=9 Ohmio-m y un espesor de E= 2.1 m; subyace a una profundidad de Z=2.7 m, un material permeable saturado de agua muy salobre con resistividades de ρa=6 Ohmio-m y de espesor grueso de E=10.4 m ; Subyace una profundidad de 13.1 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua dulce con resistividad de ρa=28 Ohmio-m de espesor E=18.3 m; Subyace a una profundidad de Z=31.4 un material permeable saturado de agua muy conductiva y por ende muy salobre con resistividad de ρa=3 Ohmio-m y de espesor de E=53 m ; Subyace una profundidad de Z=84.4 m , la roca masiva compacta con resistividades de ρa=613 Ohmio-m de espesor indefinido.

El SEV-05 ubicado en el sector sureste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de entre ρa=1.5 Ohmio-m a ρa=2 Ohmio-m y un espesor de E=2.7 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=2.7 m se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría fina y/o con contenido de elementos muy conductivos y/o probablemente con contenido de agua muy salobre con resistividad baja de ρa=4.7 Ohmio-m y un espesor grueso de E= 40.3 m; subyace a una profundidad de Z=43 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de ρa=8 Ohmio-m y de espesor grueso de E=31 m ; Subyace una profundidad de 74 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad muy baja de ρa=3 Ohmio-m de espesor E=19 m; Subyace a una profundidad de Z=93 un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de ρa=9 Ohmio-m y de espesor no definido.

El Cuadro 3.6, muestra las profundidades de la napa freática y la roca, del perfil geoeléctrico B-B'.

Ensayo-SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV4	0.5	----
SEV2	0.6	84.4
SEV5	2.7	-----

3.2.2.3. PERFIL GEOELÉCTRICO C-C'- SECTOR DEL RESERVORIO DE AGUA POTABLE DE SEDAPAL (Figura 3.16).

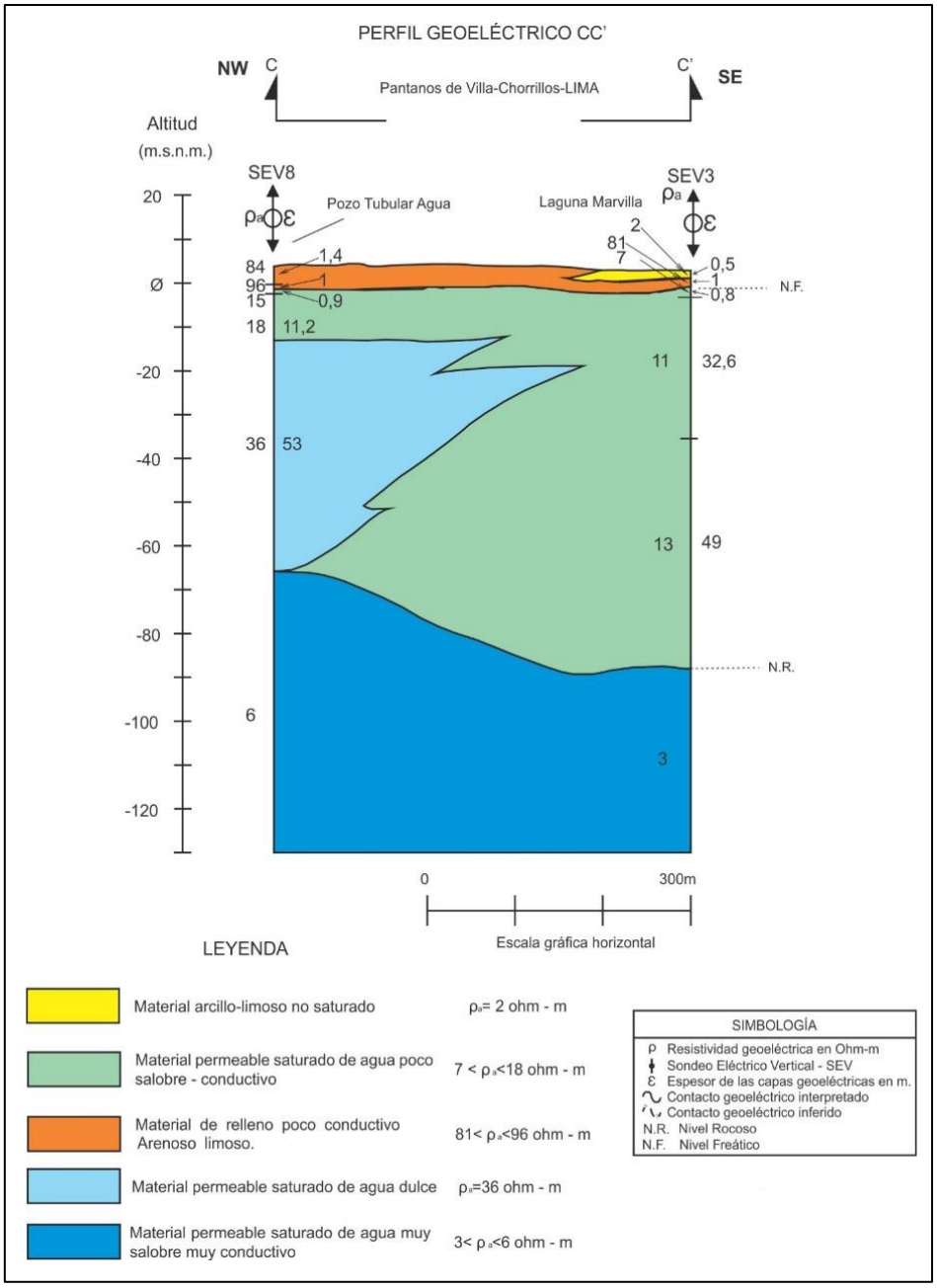


Figura 3.16: Se ubica en el Sector del reservorio de agua potable de SEDAPAL, sección con rumbo NW-SE los resultados para este sector, se realizaron en base a dos (02) sondajes (SEV-08 y SEV-03), cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Perfil Geo eléctrico C-C'- Sector del reservorio de agua potable de SEDAPAL

SEV	TIPO DE CURVA	R E S U L T A D O S											
		1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
		ρ1	E1	ρ2	E2	ρ3	E3	ρ4	E4	ρ5	E5	ρ6	E6
SEV-08	KHAQ	84	1.4	96	1	15	0.9	18	11	36	53	6	----
SEV-03	KHAK	2	0.5	81	1	7	0.8	11	32.6	13	49	3	---
ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω-m) E= Espesor de la capa en metros													

INTERPRETACIONES:

El SEV-08 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de entre ρa=84 Ohmio-m a ρa=96 Ohmio-m y un espesor delgado de E=2.4 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=2.4 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 poco salobre con resistividades bajas a moderadas de entre ρa= 15 Ohmio-m a ρa= 18 Ohmio-m y un espesor de E= 12.1 m; subyace a una profundidad de Z=14.3 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=36 Ohmio-m y de espesor grueso de E=53 m ; Subyace una profundidad de 67.3 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=6 Ohmio-m de espesor no determinado.

El SEV-03 ubicado al Sureste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 m se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría gruesa poco conductivo- material de relleno? con resistividad moderadas de ρa=81 Ohmio-m y un espesor delgado de E= 1 m; subyace a una profundidad de Z=1.5 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de entre ρa=7 Ohmio-m a de ρa=13 Ohmio-m y de espesor muy grueso de E=82.4 m; Subyace una profundidad de 83.9 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=3 Ohmio-m de espesor indeterminado.

El Cuadro 3.8, muestra las profundidades de la napa freática y la roca, del perfil geoeléctrico C-C'.

SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV-08	2.4	> 67.3
SEV-03	1.5	> 83.9

3.2.2.4. PERFIL GEOELÉCTRICO D-D'- SECTOR LAS BRISAS DE VILLA (Figura 3.17)

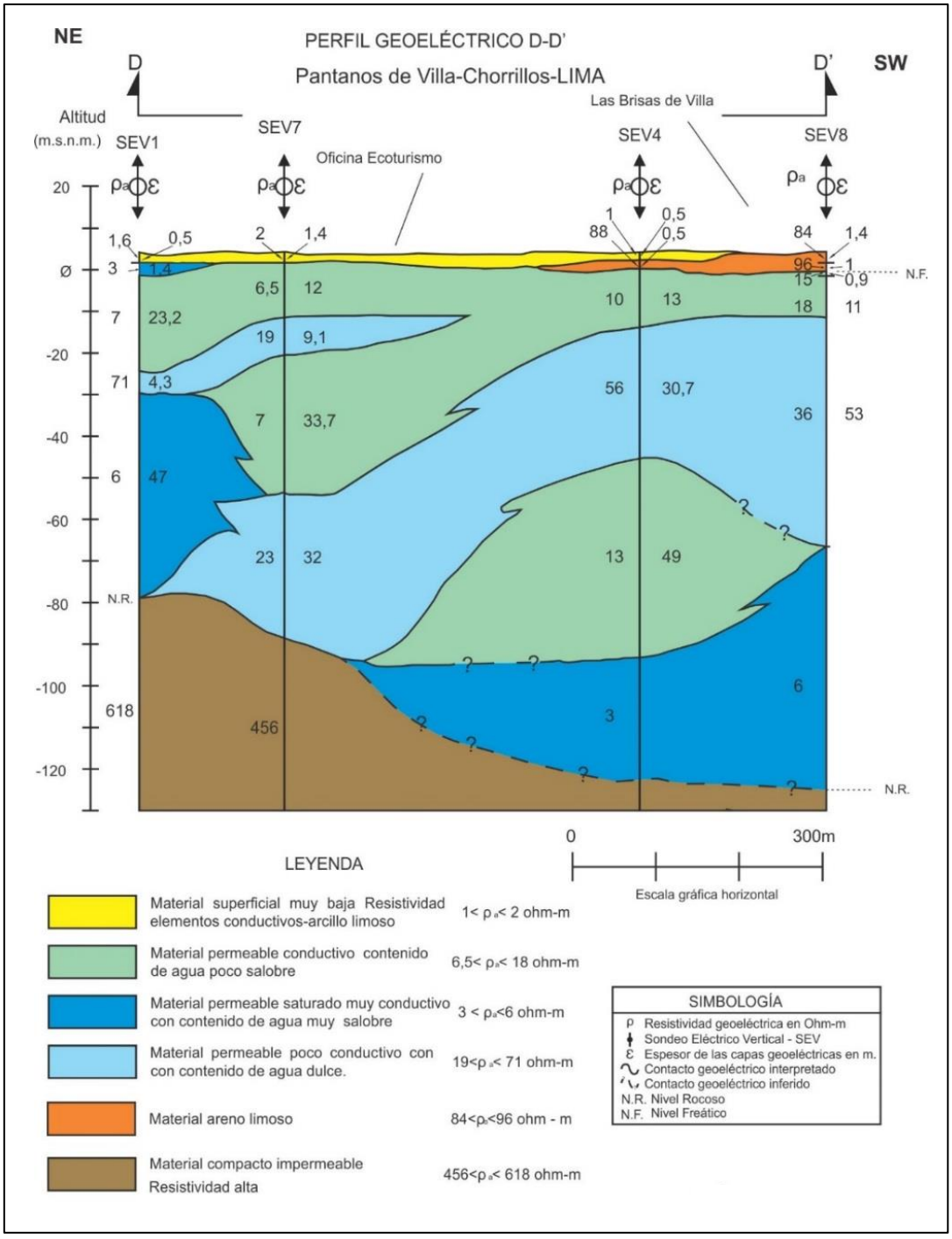


Figura 3.17: Se ubica en el Sector de las Brisas de Villa, sección con rumbo NE-SW los resultados para este sector, se realizaron en base a cuatro (04) sondajes (SEV-01, SEV-07, SEV-04 y SEV-08), cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.9.

Cuadro 3.9: Perfil Geo eléctrico D-D'- Sector de las Brisas de Villa.

SEV	TIPO DE CURVA	R E S U L T A D O S											
		1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
		ρ1	E1	ρ2	E2	ρ3	E3	ρ4	E4	ρ5	E5	ρ6	E6
SEV-01	AAKH	1.6	0.5	3	1.4	7	23.2	71	4.3	6	47	618	----
SEV-07	AKHA	2	1.4	6.5	12	19	9.1	7	33.7	23	32	456	---
SEV-04	KHKQ	1	0.5	88	0.5	10	13	56	30.7	13	49	3	----
SEV-08	KHAQ	84	1.4	96	1	15	0.9	18	11	36	53	6	
ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω-m) E= Espesor de la capa en metros													

INTERPRETACIONES:

El SEV1 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=1.6 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 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- material cuaternario antiguo con resistividad bajas de entre ρa= 3 Ohmio-m a ρa= 7 Ohmio-m y un espesor de E= 24.6 m; subyace a una profundidad de Z=25.1 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=71 Ohmio-m y de espesor delgado de E=4.3 m ; Subyace una profundidad de 29.4 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=6 Ohmio-m de espesor E=47 m; Subyace a una profundidad de Z=76.4 m la ROCA masiva compacta con resistividades de ρa= 618 Ohmio-m y de espesor indefinido.

El SEV-07 ubicado al Noreste del perfil geoeléctrico, en esta columna geofísica se aprecia resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2 Ohmio-m y un espesor delgado de E=1.4 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso – Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=1.4 m se encuentra un material poco conductivo arenoso limoso con agua poco salobre con resistividad de ρa=6.5 Ohmio-m y un espesor de E=12 m; subyaciendo a una profundidad de Z=13.4 m se encuentra una capa de material inconsolidado permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=19 Ohmio-m y de espesor delgado de E=9.1 m; subyace a una profundidad de Z= 22.3 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de ρa=7 Ohmio-m y de espesor de E=33.7 m ; Subyace una profundidad de 56.2 m, una capa permeable conductivo con contenido de agua dulce con resistividad de ρa=23 Ohmio-m de espesor E=32 m; Subyace a una profundidad de Z>88.2 m la ROCA masiva compacta con una resistividad alta de ρa=456 Ohmio-m de espesor indefinido.

El SEV-04 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=1 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso, recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 m se encuentra un material

poco conductivo arenoso limoso con resistividad de ρa = 88 Ohmio-m y un espesor delgado de E = 0.5 m; subyaciendo a una profundidad de Z = 1 m se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría fina y/o con contenido de elementos muy conductivos y/o probablemente con contenido de agua salobre con resistividad bajas de ρa = 10 Ohmio-m y un espesor de E = 13 m; subyace a una profundidad de Z = 14 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa = 56 Ohmio-m y de espesor de E=30.7 m ; Subyace una profundidad de 44.7 m, una capa permeable muy conductivo con contenido de agua salobre con resistividad de ρa=13 Ohmio-m de espesor E = 49 m; Subyace a una profundidad de Z > 93.7 m, la roca masiva compacta de espesor indefinido.

El SEV-08 ubicado al Noroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de entre ρa = 84 Ohmio-m a ρa = 96 Ohmio-m y un espesor delgado de E = 2.4 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=2.4 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 poco salobre con resistividades bajas a moderadas de entre ρa = 15 Ohmio-m a ρa = 18 Ohmio-m y un espesor de E= 12.1 m; subyace a una profundidad de Z = 14.3 m, un material permeable saturado de agua dulce, con resistividades de ρa=36 Ohmio-m y de espesor grueso de E=53 m; Subyace una profundidad de 67.3 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa = 6 Ohmio-m de espesor no determinado.

El Cuadro 3.10, muestra las profundidades de la napa freática y la roca, del perfil geoeléctrico D-D'.

SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV-01	0.5	76.4
SEV-07	1.4	88.2
SEV-04	0.5	-----
SEV-08	2.4	------

3.2.2.5. PERFIL GEOELÉCTRICO E-E'- SECTOR LAGUNA MARVILLA (Figura 3.18)

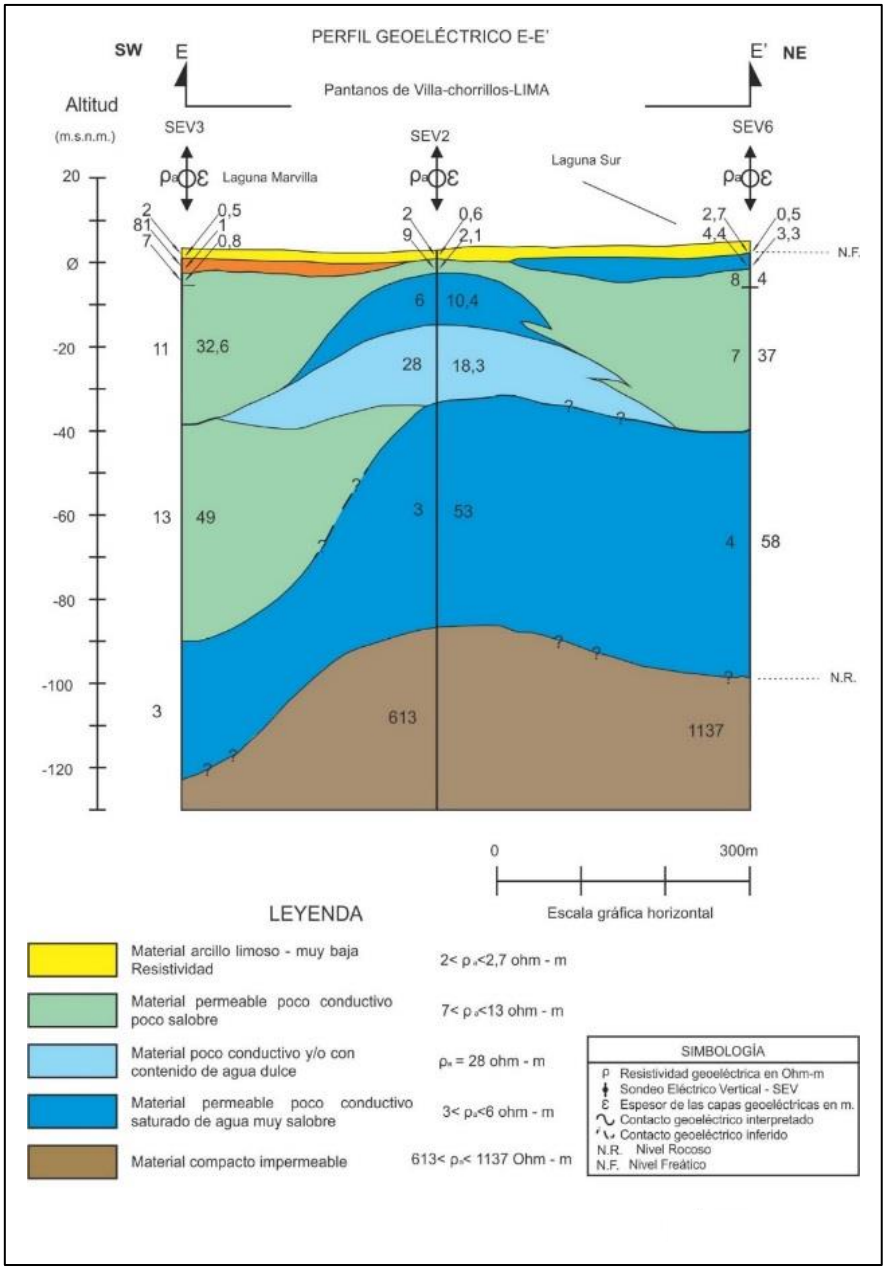


Figura 3.18: Se ubica en el Sector de la laguna Marvilla, sección con rumbo SW-NE los resultados para este sector, se realizaron en base a tres (03) sondajes (SEV3, SEV2 y SEV6), cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.11.

Cuadro N° 3.11: Perfil geoeléctrico E-E'- Sector Laguna Marvilla.

SEV	TIPO DE CURVA	RESULTADOS											
		1ra.Capa		2da.Capa		3ra.Capa		4ta.Capa		5ta.Capa		6ta.Capa	
		ρ1	E1	ρ2	E2	ρ3	E3	ρ4	E4	ρ5	E5	ρ6	E6
SEV-03	KHAK	2	0.5	81	1	7	0.8	11	32.6	13	49	3	---
SEV-02	KHKH	2	0.6	9	2.1	6	10.4	28	18.3	3	53	613	---
SEV-06	AKAH	2.7	0.5	4.4	3.3	8	4	7	37	4	58	1137	---
ρ = Resistividad Geo eléctrica (Ω-m) E= Espesor de la capa en metros													

INTERPRETACIONES:

El SEV-03 ubicado al Suroeste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso – Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 m se encuentra una capa de material inconsolidado con granulometría gruesa poco conductivo- material de relleno? con resistividad moderadas de ρa=81 Ohmio-m y un espesor delgado de E= 1 m; subyace a una profundidad de Z=1.5 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de entre ρa=7 Ohmio-m a de ρa=13 Ohmio-m y de espesor muy grueso de E=82.4 m ; Subyace una profundidad de 83.9 m, una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=3 Ohmio-m de espesor indeterminado.

El SEV-02 ubicado en el sector central del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.6 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.6 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- material cuaternario antiguo con resistividad bajas de ρa=9 Ohmio-m y un espesor de E= 2.1 m; subyace a una profundidad de Z=2.7 m, un material permeable saturado de agua muy salobre con resistividades de ρa=6 Ohmio-m y de espesor grueso de E=10.4 m ; Subyace una profundidad de 13.1 m, una capa permeable muy conductivo con contenido de agua dulce con resistividad de ρa=28 Ohmio-m de espesor E=18.3 m; Subyace a una profundidad de Z=31.4 un material permeable saturado de agua muy conductiva y por ende muy salobre con resistividad de ρa=3 Ohmio-m y de espesor de E=53 m ; Subyace una profundidad de Z=84.4 m , la ROCA masiva compacta con resistividades de ρa=613 Ohmio-m de espesor indefinido.

El SEV-06 ubicado al Noreste del perfil geoeléctrico, se alcanzó a investigar hasta los 130 metros de profundidad. En esta columna geofísica se aprecian resistividades bajas y altas. En superficie se tiene una capa con resistividades de ρa=2.7 Ohmio-m y un espesor delgado de E=0.5 m que corresponden a un material superficial de suelo de cobertura muy reciente arcilloso-limoso arenoso –Recubrimiento que incluye el material delgado de suelo orgánico; subyaciendo a una profundidad de Z=0.5 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 muy salobre- material cuaternario antiguo con resistividad muy bajas de ρa=4.4 Ohmio-m y un espesor de E= 3.3 m; subyace a una profundidad de Z=3.8 m, un material permeable saturado de agua poco salobre con resistividades de entre ρa=7 Ohmio-m a de ρa=8 Ohmio-m y de espesor grueso de E=41 m ; Subyace una profundidad de 44.8 m , una capa permeable muy conductivo con contenido de agua muy salobre con resistividad de ρa=4 Ohmio-m de espesor E=58 m; Subyace a una profundidad de Z=102.8 m un material la roca masiva compacta con resistividades de ρa= 618 Ohmio-m y de espesor indefinido.

El Cuadro 3.12: Muestra las profundidades de la napa freática y la roca, del perfil geoeléctrico D-D'.

SEV	Profundidad de la Napa Freática (m)	Profundidad de la Roca (m)
SEV-03	0.5	----
SEV-02	0.6	613
SEV-06	0.5	1137

3.3. MAPA DE ISOBATAS A LA NAPA FREÁTICA (Figura 3.19).

Este mapa nos muestrea las isoprofundidades a que se encuentra la napa freática existente en la zona de estudio, con respecto a la superficie de terreno (topografía).

En el mapa, los valores de máximas profundidades, se muestran de color rojo magenta, localizados al Sur, específicamente en el SEV-8 y SEV-5, con isoprofundidades entre los 1.5 m y 2.3 m.

Así mismo, los colores naranja, amarillo y verde, representan los valores moderados o intermedios, con rango de 0.6 m a 1.5 m. de profundidad de la napa freática, en el mapa se localizan de forma concéntrica, representados por los SEV-2, SEV-3, SEV-4 y SEV-7, que muestran una gradiente hidráulica creciente hacia el Sur.

Finalmente, de color celeste y azul, se muestran los valores mínimos, con profundidades menores a 0.6 m. datos registrados en el SEV-1 y SEV-6, donde la gradiente hidráulica va aumentando progresivamente de Este a Oeste.

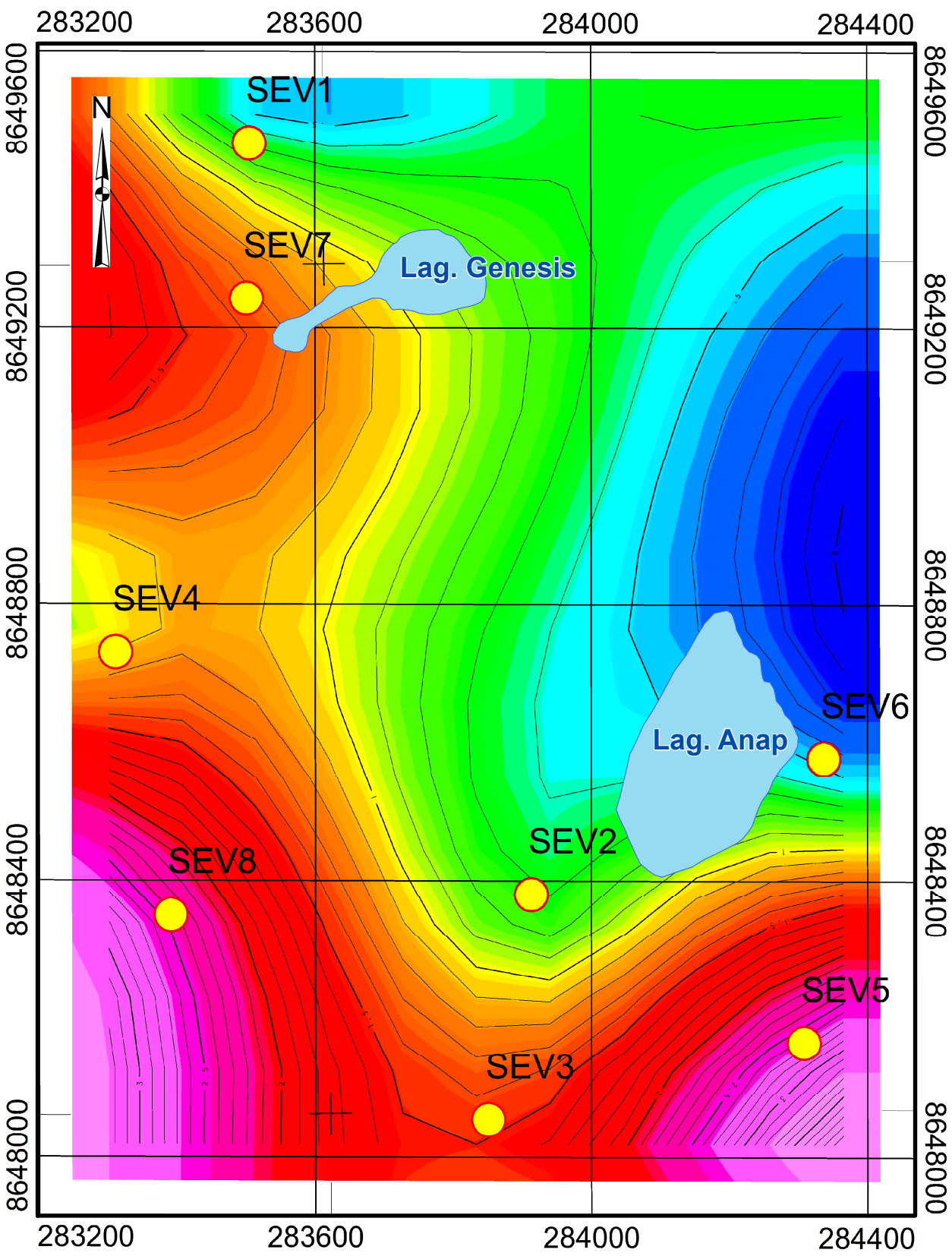
Estos datos, demuestran que el nivel freático del Acuífero Poroso No Consolidado del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, se encuentra más superficial en el sector Este del área de estudio, de la misma manera, en los alrededores de la Laguna Mayor. Estos niveles de agua se corroboraron al medir la profundidad del nivel estático de los flujos de agua en las calicatas realizadas durante los trabajos de campo, en el momento de su recuperación, evidenciando que, en el RVSPV, el acuífero se encuentra saturado.

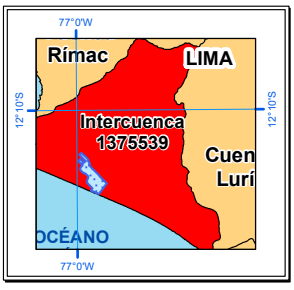
3.4. MAPA DE HIDROISOHIPSAS (Figura 3.20)

Este mapa representa las elevaciones del nivel freático en el acuífero poroso no consolidado del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, con respecto al nivel del mar (cota m.s.n.m.). Esta elevación del nivel freático representa la distribución de la profundidad actual, como diagnostico situacional, y evidencia el funcionamiento hidráulico del acuífero a través del comportamiento de las direcciones de flujo del agua subterránea.

En el mapa, las elevaciones de mayor cota, se encuentran representadas por el color rojo magenta, con valores de 4.2 a 5 m.s.n.m. donde se ubica el SEV-6. Los valores intermedios, representados por los colores naranja, amarillo y verde, con valores de 2.4 a 4.2 m.s.n.m. donde se ubican los SEV-1, SEV-2, SEV-3, SEV-5 y SEV-7. Finalmente, de color celeste y azul, que representan los valores de elevaciones menores a 2.4 m.s.n.m. donde se localizan los SEV-4 y SEV-8.

Estas elevaciones, muestran el comportamiento de los flujos de las aguas subterráneas en el Acuífero Poroso No Consolidado del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, de manera localizada, que discurren de los niveles de agua de mayor cota hacia los de menor cota. En la figura 3.20, (Mapa de Hidroisoipsas), las flechas muestran la dirección de las líneas de flujo de las aguas subterráneas, que se manifiestan en la dirección de Este a Oeste y moderadamente de Norte a Sur.





4.0
3.2
1.7
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.5

ISOBATAS (m)

Escala 1:12 000

250 0 Metros

SIMBOLOGÍA

Laguna

SEV 01 Sondaje Eléctrico Vertical (SEV)

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

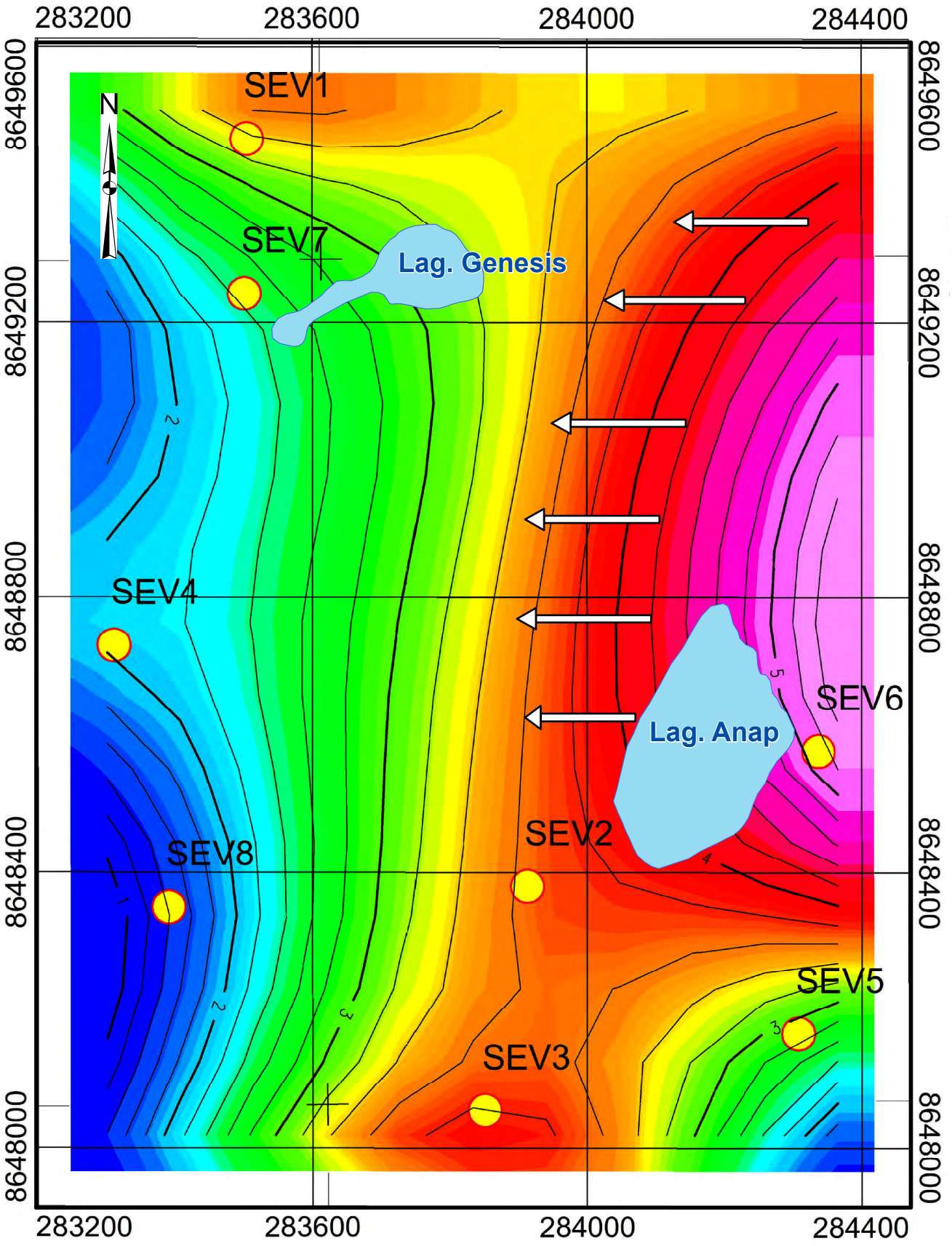
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

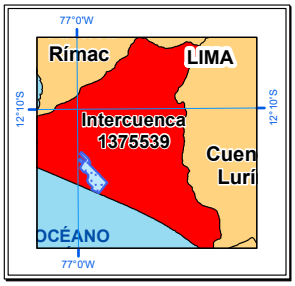
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

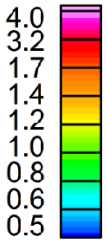
DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA DE ISOBATAS A LA NAPA FREÁTICA

Figura 3.19	Elaborado por: J. Moreno & W. Pari
Escala 1: 12 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur







HIDROISOIPSAS (m s.n.m)

Escala 1:12 000

250 0 Metros

SIMBOLOGÍA

- Laguna
- SEV 01 Sondaje Eléctrico Vertical (SEV)
- Direcciones de Flujos

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.
DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA DE HIDROISOIPSAS (m s.n.m)

Figura 3.20	Elaborado por: J. Moreno & W. Pari
Escala 1: 12 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

CAPÍTULO IV

CUANTIFICACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

El presente capítulo, permitirá conocer la hidrogeología del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, ayudado de la descripción geológica, a través de sus componentes litológicos y estructurales; así mismo, complementado con la información recopilada en la cuantificación de los recursos hídricos, a partir de un inventario de fuentes de agua, ejecución de calicatas y el estudio geofísico que permitieron determinar el comportamiento de los flujos subterráneos identificando el nivel freático en la zona de estudio.

La caracterización del acuífero proporciona la base para el modelado de aguas subterráneas, la importancia de las reacciones a través de la disolución de solutos dentro de la heterogeneidad del acuífero.

4.1. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA

En la etapa de recolección de datos de campo, se realizó el inventario de todas las fuentes de agua superficial y subterránea, se tomó las medidas de parámetros físico-químicos e hidráulicos y la recolección de muestras para su análisis en laboratorio, este registro de datos se realizó de acuerdo a los instructivos de INGEMMET (DGAR-I-010 y DGAR-I-012).

En el RVSPV, se realizó un inventario y muestreo de 11 fuentes de agua (Cuadro 4.1), que corresponden a 3 manantiales y 2 calicatas evaluadas en el momento de su recuperación del nivel freático, todas estas en representación de las fuentes de aguas subterráneas que alimentan al humedal; así mismo, en representación a las fuentes de aguas superficiales, se registraron las 3 lagunas (laguna Mayor, Génesis y Marvilla), 2 canales (uno de desfogue y el otro de conexión entre las lagunas), y el agua de mar, estas últimas como una evaluación de registro de datos.

Cuadro 4.1: Resumen del inventario de las fuentes de agua en el RVSPV:

Fuente	Simbologia	Inventario	Parámetros medidos In situ	Descripción Muestreo
Manantiales		3	Caudal, Temperatura, pH, CE, TDS, ORP, Salinidad y Resistividad	Se tomaron muestras en cada fuente de agua.
Calicatas		2	Temperatura, pH, CE, TDS, ORP, Salinidad y Resistividad	Se tomaron muestras en calicata.
Lagunas		3	Temperatura, pH, CE, TDS, ORP, Salinidad y Resistividad	Se tomaron muestras en el punto medio de la Laguna.
Puntos de Control		2	Caudal, Temperatura, pH, CE, TDS, ORP, Salinidad y Resistividad	Se tomaron muestras en el canal de conexión y desfogue.
Mar		1	Temperatura, pH, CE, TDS, ORP, Salinidad y Resistividad	Se tomo la muestra a 15 metros, mar adentro.
TOTAL		**11**	**11 fuentes inventariadas.**	**11 fuentes analizadas.**

Todas estas fuentes se registraron debidamente codificadas, iniciando con el código de la intercuenca (1375539), asignado por la Autoridad Nacional del Agua. Los parámetros fisicoquímicos que se tomaron fueron: El caudal, la temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, ORP, salinidad, resistividad, alcalinidad y dureza (Cuadro 4.2), el registro de la ficha de campo por cada fuente se observa en el anexo N° 01.

Cuadro 4.2: Cuadro de inventario de fuentes de agua en el RVSPV
(Parámetros hidráulicos y fisicoquímicos)

CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA EN EL RVSPV						
N°	**CÓDIGO**	**NOMBRE**	**TIPO DE FUENTE**	**SIMB.**	**FECHA**	**USO**
1	1375539-004	Miramar	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
2	1375539-005	Lavanderia	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
3	1375539-008	Las Terrazas	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
4	1375539-009	Calicata 1	Calicata		31/01/2018	
5	1375539-010	Laguna Mayor	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
6	1375539-011	Laguna Génesis	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
7	1375539-012	Calicata 3	Calicata		31/01/2018	
8	1375539-013	Country Club	Punto de control		24/01/2018	
9	1375539-014	Canal	Punto de control		26/01/2018	
10	1375539-015	Laguna Marvilla	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
11	1375539-016	Mar	Mar		30/01/2018	

Los manantiales 1375539-004 (Miramar) y 1375539-008 (Las Terrazas) se encuentran dentro del asentamiento humano de las Terrazas de Villa. El punto 1375539-005 (Lavandería), se encuentra en el asentamiento humano de las Palmeras de Villa Baja, el resto de puntos trabajados se encuentran en el distrito de Chorrillos: 1375539-009 (Calicata 1), 1375539-010 (Laguna Mayor), 1375539-011 (Laguna Génesis), 1375539-012 (Calicata 3), 1375539-013 (Country Club), 1375539-014 (Canal), 1375539-015 (Laguna Marvilla) y 1375539-016 (Mar).

Figura 4.1: Mapa de inventario de fuentes de agua en el RVSP

CUADRO RESUMEN DEL INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA EN EL RVSPV						
N°	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE FUENTE	SIMB.	FECHA	USO
1	1375539-004	Miramar	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
2	1375539-005	Lavanderia	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
3	1375539-008	Las Terrazas	Manantial		24/01/2018	Actividades humanas
4	1375539-009	Calicata 1	Calicata		31/01/2018	
5	1375539-010	Laguna Mayor	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
6	1375539-011	Laguna Génesis	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
7	1375539-012	Calicata 3	Calicata		31/01/2018	
8	1375539-013	Country Club	Punto de control		24/01/2018	
9	1375539-014	Canal	Punto de control		26/01/2018	
10	1375539-015	Laguna Marvilla	Laguna		25/01/2018	Ecosistema
11	1375539-016	Mar	Mar		30/01/2018	

280000 285000 865000

SAN JUAN DE MIRAFLORES

CHORRILLOS

VILLA EL SALVADOR

IRHS-15-01-33-S1639 IRHS-15-01-33-S1631 IRHS-15-01-42 IRHS-15-01-42-S227 IRHS-15-01-42-S

IRHS-15-01-08-S831 IRHS-15-01-08-S80 IRHS-S502 IRHS-15-01-08-S2094 IRHS-15-01-08-S375 IRHS-15-01-08-S374 IRHS-15-01-08-S923 IRHS-15-01-08-S1569 IRHS-15-01-08-S2360 IRHS-15-01-08-S2423 IRHS-15-01-08-S1126 IRHS-15-01-08-S949 IRHS-15-01-08-S2007

1375539-008 1375539-004 1375539-005 1375539-010 1375539-009 1375539-011 1375539-013 1375539-012 1375539-016 1375539-014 1375539-015

Lag. Mayor Lag. Génesis Lag. Anap Lag. Marvilla

OCEANO PACÍFICO

0 0.225 0.45 0.9 Km

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Curva de nivel (100)
- Flujo de agua
- Vía asfaltada
- Trocha carrozable
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Zona Amortiguamiento
- Laguna

HIDROGEOLÓGICOS

- 1375539-008 — Manantial
- 1375539-014 — Punto de control
- IRHS-15-01-08-S80 — Pozos (PROHVILLA)

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA, DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA DE INVENTARIO DE FUENTES

Figura 4.1

Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas

Escala 1: 25 000

Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

4.1.1. MANANTIALES

Un manantial es una descarga de agua subterránea que aparece en la superficie del suelo como fuente de agua que fluye (Todd & Mays, 2005), evidenciando la presencia de un reservorio de agua subterránea en el subsuelo.

Los manantiales inventariados (1375539-004, 1375539-005 y 1375539-008), se sitúan dentro de la zona de amortiguamiento de los Humedales de Pantanos de Villa, cuyos flujos de agua provenientes del acuífero poroso no consolidado (APNC-al), son derivados a partir de canales a las principales lagunas (Mayor, Génesis y Marvilla). Constituyen una de las principales fuentes aportantes de agua para la supervivencia del RVSPV, además de que son aprovechadas por los ciudadanos que habitan alrededor de estas fuentes (Fotografía 4.1).

Fotografía 4.1: Manantial Lavandería (1375539-005) con un caudal de 3.5 L/s de quinta categoría (de acuerdo a la clasificación de manantiales por su descarga, según Meinzer), aflora debido a que la superficie del suelo intercepta la capa freática, (INGEMMET, 2018).

4.1.2. CALICATAS

Se trabajaron 2 calicatas (1375539-009 y 1375539-012), el registro de datos se tomó cuando el nivel freático se recuperó, esto nos permitió conocer el material que se encuentra en contacto con los flujos subterráneos; así mismo, conocer el comportamiento de los flujos de agua subterránea (Fotografía 4.2).

Fotografía 4.2: registro de parámetros fisicoquímicos y toma de muestra de la Calicata 1 (1375539-009), luego de la recuperación del nivel freático, (INGEMMET, 2018).

4.1.3. LAGUNAS

En representación a las fuentes de aguas superficiales, se trabajaron el registro de datos de las 03 lagunas que se encuentran dentro de la zona del RVSPV, laguna Mayor, laguna Génesis y laguna Marvilla (1375539-010, 1375539-011 y 1375539-015 respectivamente).

4.1.4. CANALES (PUNTOS DE CONTROL)

En la zona de estudio se ha inventariado 2 canales como puntos de control. Uno, cuyo flujo de agua, discurre conectando las lagunas (1375539-014; Fotografía 4.3), y el otro punto correspondiente al desfogue de aguas dirigido al mar (1375539-013).

Fotografía 4.3: Medida de parámetros hidráulicos y fisicoquímicos en el Canal (1375539-014) cuyo flujo de agua es derivado hacia la Laguna Marvilla, (INGEMMET, 2018).

Finalmente, como parte del inventario hecho en campo, se realizó la toma de un punto en el mar (1375539-016), como un registro de datos comparativos.

4.1.5. POZOS Y PIEZÓMETROS

En la zona de estudio se ha evidenciado 25 piezómetros instalados (Fotografía 4.4), estos vienen siendo monitoreados por PROHVILLA. Del total de piezómetros, 06 han dejado de funcionar por falta de mantenimiento. Los piezómetros se sitúan dentro de la zona de amortiguamiento; en la inspección se observó profundidades de la napa freática entre 0.12 a 0.48 m; sin embargo, algunos de estos piezómetros se encontraron colmatados de arena y arcilla.

Los niveles piezométricos medidos en la zona, indican una superficie piezométrica relacionada con la topografía, es decir, que el agua subterránea fluye desde zonas de recarga de mayor elevación hacia área de descarga de baja elevación, esto se denota a partir de la comparación de los niveles piezométricos de los pozos y los niveles freáticos que se han podido registrar durante la etapa de campo.

Fotografía 4.4: Medida del nivel piezométrico (RVSPV), (INGEMMET, 2018).

4.2. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

La caracterización hidrogeológica se realizó en base a la geología de la zona a escala 1:50 000, las surgencias de agua subterránea y las condiciones hidroquímicas del agua subterránea. La determinación litológica en la zona es nuestra principal herramienta para la caracterización hidrogeológica, a partir de ello establecemos las propiedades hidrogeológicas inherentes a estos (porosidad y permeabilidad).

El mapa hidrogeológico se obtuvo en base a la geología existente en superficie (Figura 9); que muestra a las rocas y suelos con características de almacenamiento y circulación de agua subterránea, además de rocas con características impermeables. 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).

4.2.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

Las variaciones naturales en la permeabilidad y la facilidad de transmisión del agua subterránea en diferentes materiales geológicos conducen al reconocimiento de acuíferos, acuitardos y acuicludos.

En la zona de estudio se identificó a los Acuíferos Porosos No Consolidados (APNC) expuesto en el piso de valle y a los acuitardos que agrupan a las rocas del cretáceo inferior de las formaciones Pamplona, Marcavilca, Herradura, Salto del Frayle; además de los cuerpos intrusivos dioríticos que constituyen el basamento.

4.2.1.1 ACUÍFEROS

Un acuífero es una capa o secuencia en capas de roca o sedimento que comprenden una o más formaciones geológicas que contienen agua y es capaz de trasmitir cantidades significativas de agua bajo un gradiente hidráulico ordinario. Por lo tanto, los acuíferos tienen suficiente permeabilidad para transmitir aguas subterráneas que pueden explotarse económicamente (Hiscock, 2005).

El Acuífero Poroso No Consolidado (APNC), identificado en la zona corresponde a unidades geológicas formadas por depósitos cuaternarios de origen aluvial (APNC-al), eólico (APNC-eo) y marino (APNC-ma); que consisten en material no consolidado, arenas finas de cuarzo bien seleccionados; conglomerados, gravas con intercalaciones de arcillas que se superponen a las rocas del cretáceo inferior.

El RVSPV se expone sobre depósitos aluviales del cuaternario, constituidos por conglomerados, gravas irregulares en una matriz limoarenosa de espesor variable, este depósito caracterizado como Acuífero Poroso No Consolidado (APNC-al) se comporta como un acuífero libre, y cuya litología facilita la circulación y almacenamiento de agua subterránea. Sin embargo, posee un alto grado de variabilidad en la madurez textural; por ende, en la conductividad hidráulica. La distribución de lentes de arcilla proporciona las características del sistema hidrogeológico de un acuífero multicapa, especialmente en el área de la costa.

Debemos de considerar que al noreste del RVSPV, pasa el canal de Surco, el cual es captado del Río Rímac cuyo inicio está en Santa Clara desembocando en la Playa Chira, presenta 29.5 km de recorrido; antiguamente del canal de Surco, se extendían canales de regadío y contribuían al desarrollo de la agricultura en este valle costero, favoreciendo a la recarga del APNC por infiltración directa.

La recarga del APNC, continua bajo este mismo sistema de infiltración del canal de Surco. Otro factor de recarga son las intensas neblinas que se originan en la zona (estación de invierno), las cuales al estar a muy baja altitud, ocasiona que se condensen, y luego se percolan por los materiales muy permeables.

En la actualidad el Canal de Surco presenta tramos revestidos y se ha convertido en un gran colector de aguas residuales de los diferentes asentamientos humanos situado en sus márgenes, a pesar de ello riega el 80% de las áreas verdes de 16 distritos de Lima, constituyendo un elemento de suma importancia para la recarga de la capa freática.

El Acuífero Poroso No Consolidado de espesor variable, presenta alrededor de 22 pozos (4 de ellos no son utilizados) con un caudal de explotación promedio de 3.0 L/s (ANA, 2015).

El APNC del RVSPV, consta de material no consolidado, que presenta porosidades más grandes, considerando así valores que van de 0.05 % a 0.35 %, y una conductividad hidráulica de 10^{-5} a 10^{-2} m s^{-1} valores basados en datos contenidos en Freeze y Cherry (1979) y Back et al (1988). De acuerdo a los valores de conductividad hidráulica asignado al acuífero este se calificaría como un acuífero medio a bueno y permeable (Cuadro 4.3).

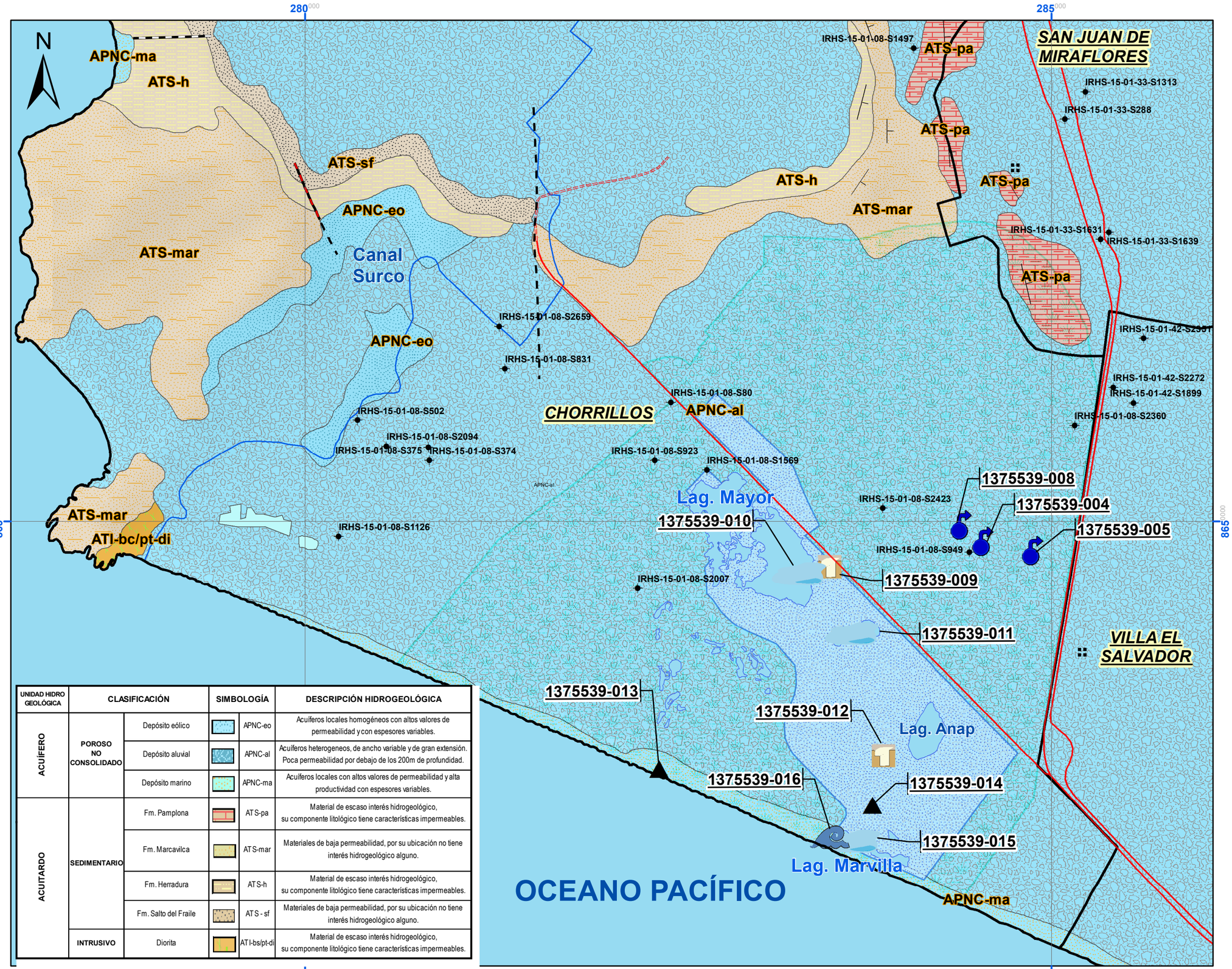
Cuadro 4.3: Permeabilidades en m/día, según Benitez (1963)

Valores	**Permebilidad**										
(m/día)	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^{2}	10^{3}	10^{4}
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno		Acuífero		
Tipo de Materiales	Arcilla compacta Granito		Limo arenoso Limo Arcilla Limosa		Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava Arena fina		Grava limpia		

4.2.1.2 ACUITARDOS

El término acuitardo se usa para describir una formación de baja permeabilidad que transmiten cantidades de agua que son insignificantes en términos de flujo regional de agua subterránea (Hiscock, 2005). Los acuitardos están representados por la Formación Pamplona, de litología arcillo calcárea; Formación Marcavilca, areniscas de grano muy fino a medio; Formación Herradura de material arcillosa y la Formación Salto del Frayle compuesta por areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas. Todas estas formaciones, de litologías de escaso interés hidrogeológico, de baja permeabilidad. De la misma manera, se tienen a los cuerpos intrusivos menores como la diorita con características impermeables, que también se caracterizan como acuitardos.

Figura 4.2: Mapa hidrogeológico de RVSPV.



UNIDAD HIDRO GEOLÓGICA	CLASIFICACIÓN		SIMBOLOGÍA		DESCRIPCIÓN HIDROGEOLÓGICA
ACUÍFERO	POROSO NO CONSOLIDADO	Depósito eólico		APNC-eo	Acuíferos locales homogéneos con altos valores de permeabilidad y con espesores variables.
		Depósito aluvial		APNC-al	Acuíferos heterogeneos, de ancho variable y de gran extensión. Poca permeabilidad por debajo de los 200m de profundidad.
		Depósito marino		APNC-ma	Acuíferos locales con altos valores de permeabilidad y alta productividad con espesores variables.
ACUITARDO	SEDIMENTARIO	Fm. Pamplona		ATS-pa	Material de escaso interés hidrogeológico, su componente litológico tiene características impermeables.
		Fm. Marcavilca		ATS-mar	Materiales de baja permeabilidad, por su ubicación no tiene interés hidrogeológico alguno.
		Fm. Herradura		ATS-h	Material de escaso interés hidrogeológico, su componente litológico tiene características impermeables.
		Fm. Salto del Fraile		ATS - sf	Materiales de baja permeabilidad, por su ubicación no tiene interés hidrogeológico alguno.
	INTRUSIVO	Diorita		ATI-bs/pt-di	Material de escaso interés hidrogeológico, su componente litológico tiene características impermeables.

SIMBOLOGÍA

- Distritos
- Límite distrital
- Vía asfaltada
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Laguna

ESTRUCTURAS

- 10° Rumbo y buzamiento de los estratos
- Falla inferida Chira
- Falla sinextral normal
- Falla sinextral normal El Tunel

FUENTES DE AGUA

- Manantial
- Calicata
- Laguna
- Punto de control
- Mar
- IRHS-15-01-08-S80 Pozos (PROHVILLA)

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA HIDROGEOLÓGICO

Figura 4.2	Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

CAPÍTULO V

HIDROGEOQUÍMICA Y CALIDAD DE LAS AGUAS

5.1. ESTACIONES DE MUESTREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Todas las fuentes inventariadas, también fueron muestreadas, siendo de esta manera 11 puntos de muestreo, que corresponden a muestras representativas de aguas subterráneas (los tres (3) manantiales y dos (2) calicatas tomadas en el momento de la recuperación del nivel freático, luego de ser bombeadas); y muestras de aguas superficiales, correspondiente a las tres (3) lagunas del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa (RVSPV), los dos (2) puntos de control que corresponden a los canales de conexión y desfogue entre las mismas, y finalmente se analizó una (1) muestra de mar en este sector de estudio.

El objetivo principal es conocer las características hidroquímicas de las aguas, su interacción con los materiales del entorno y como están siendo afectadas por estas. Las muestras de agua se analizaron por aniones (cloruros, sulfatos y bicarbonatos), cationes y elementos traza (metales disueltos y totales), por el método ICP Masa, lo que permitió conocer las características hidroquímicas del agua y su calidad, en comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental, ECAs, (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN).

En cada punto de muestreo, se registraron los parámetros físico-químicos (Caudal, temperatura pH, conductividad eléctrica, total de sólidos disueltos, salinidad y dureza), cuadro 5.1.

Cuadro 5.1: Resumen de parámetros hidráulicos y fisicoquímicos de las fuentes de agua en el RVSPV.

N°	CÓDIGO	NOMBRE	TIPO DE FUENTE	SIMB.	PARAMETROS HIDRÁULICOS Y FISICOQUÍMICOS							FECHA	USO
					Q (L/s)	T (°C)	PH	CE (µS/cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (psu)	Color		
1	1375539-004	Miramar	Manantial		1.4	24	7.26	7539	3686	4.194	Incoloro	24/01/2018	Actividades humanas
2	1375539-005	Lavanderia	Manantial		3	24	7.47	2584	1266	1.383	Incoloro	24/01/2018	Actividades humanas
3	1375539-008	Las Terrazas	Manantial		2	24	7.74	6668	3271	3.694	Incoloro	24/01/2018	Actividades humanas
4	1375539-009	Calicata 1	Calicata			30.5	6.84	55880	27350	37.23	Amarillento	31/01/2018	
5	1375539-010	Laguna Mayor	Laguna			24	9.72	10090	4950	5.756	Incoloro	25/01/2018	Ecosistema
6	1375539-011	Laguna Génesis	Laguna			31.1	9.11	4322	2093	2.326	Incoloro	25/01/2018	Ecosistema
7	1375539-012	Calicata 3	Calicata			25.6	7.55	8343	4077	4.672	Incoloro	31/01/2018	
8	1375539-013	Country Club	Punto de control		1	24	8.15	2857	1383	1.486	Amarillento	24/01/2018	
9	1375539-014	Canal	Punto de control		3.5	29.4	7.72	4520	2215	2.462	Amarillento	26/01/2018	
10	1375539-015	Laguna Marvilla	Laguna			24	8.68	5175	2560	2.848	Amarillento	25/01/2018	Ecosistema
11	1375539-016	Mar	Mar			23.4	8.3	52510	25730	34.48	Incoloro	30/01/2018	

Particularmente, en el área de estudio, la interacción química se intensifica, y los parámetros fisicoquímicos presentan altos valores, no solo por el comportamiento natural que presenta la biosfera, donde interactúa la geosfera (ambiente alcalino y reductor), con la atmosfera (ambiente oxidante y ácido); sino, también se suma la actividad antrópica, provocando un impacto a través de la contaminación del medio ambiente, como la acumulación de desmontes, por donde circulan los flujos de agua; por otra parte, la zona de estudio, presenta alta salinidad acumulada en la superficie del suelo, depositadas por las brisas del mar generando en muchos sectores la formación de una capa superficial a manera de costras salinas.

En el sector del RVSPV, los suelos proveen los elementos necesarios para el desarrollo de la flora, como la arcillas, minerales, sales; y junto con la presencia del agua crean las condiciones necesarias para la flora y fauna existente. Esta vegetación actúa como ente regulador del clima, reteniendo el calor, equilibrando la temperatura, proporcionando el hábitat de las diferentes especies propias de la zona y migratorias.

5.2. ANÁLISIS HIDROQUÍMICO DE LAS FUENTES DE AGUA

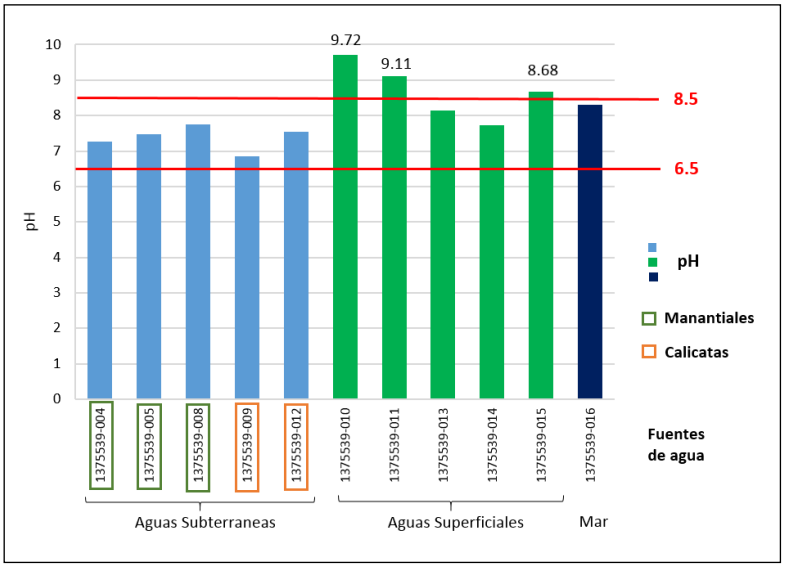
La interacción suelo – agua, le da al agua una composición química, y parámetros fisicoquímicos característicos, a continuación, analizaremos los parámetros fisicoquímicos y elementos que mostraron las fuentes de agua.

5.2.1. ANÁLISIS DE pH

El valor del pH define la acidez y/o la alcalinidad del agua, registrando para aguas neutras los valores comprendidos entre 6.5 a 8.5, para aguas ácidas, valores inferiores a 6.5, y para aguas básicas, valores por encima de 8.5.

En la figura 5.1, se muestra la representación esquemática para el parámetro de pH, de las fuentes de agua en el RVSPV. Se observa que los manantiales, calicatas, canales y el mar, presentan datos de entre 6.5 y 8.5, considerándolas aguas neutras, mientras que en las lagunas (Marvilla, Génesis y laguna Mayor), superan el límite de 8.5, llegando hasta una concentración máxima de 9.72 en la laguna Mayor, considerándolas aguas básicas, esto se podría deber a la presencia del ion carbonato CO_3^{2-}, en el momento de la liberación del CO_2, por la intensa vegetación que existe en las lagunas.

Figura 5.1: representación esquemática para el parámetro de pH en las fuentes de agua.



5.2.2. ANÁLISIS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Para la conductividad eléctrica (Figura 5.2), donde se representa el contenido de sales disueltas en el agua, y en comparación con los valores referenciales de los estándares de calidad ambiental, del DS 004-2017-MINAM, se observa lo siguiente.

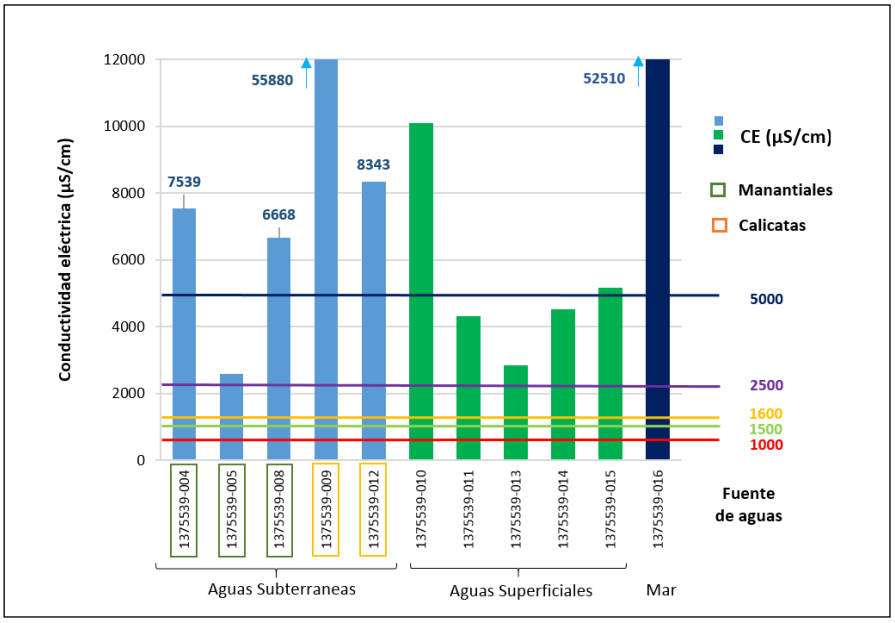
A excepción de la calicata 1 (1375539-009: 55880 µS/cm) y el punto tomado en el mar (1375539-016: 52510 µS/cm), los parámetros de conductividad eléctrica, se encuentran entre los rangos de 2584 µS/cm a 8343 µS/cm.

Las aguas subterráneas se encuentran relacionadas a las aguas superficiales, más aún por la gran permeabilidad de los materiales en la zona, por lo que cuando ocurre una contaminación de tipo antrópica en las aguas superficiales, fácilmente llega a las aguas subterráneas. Es debido a esto que tenemos altos valores de conductividad eléctrica tanto en aguas superficiales como subterráneas.

Estos altos valores también están relacionados a la alta salinidad de la zona, tanto en suelos como en aire, lo cual eventualmente llega a las aguas, y aumenta sus concentraciones en sales, a esto le sumamos la cercana presencia del mar, lo que aumenta los valores de conductividad eléctrica.

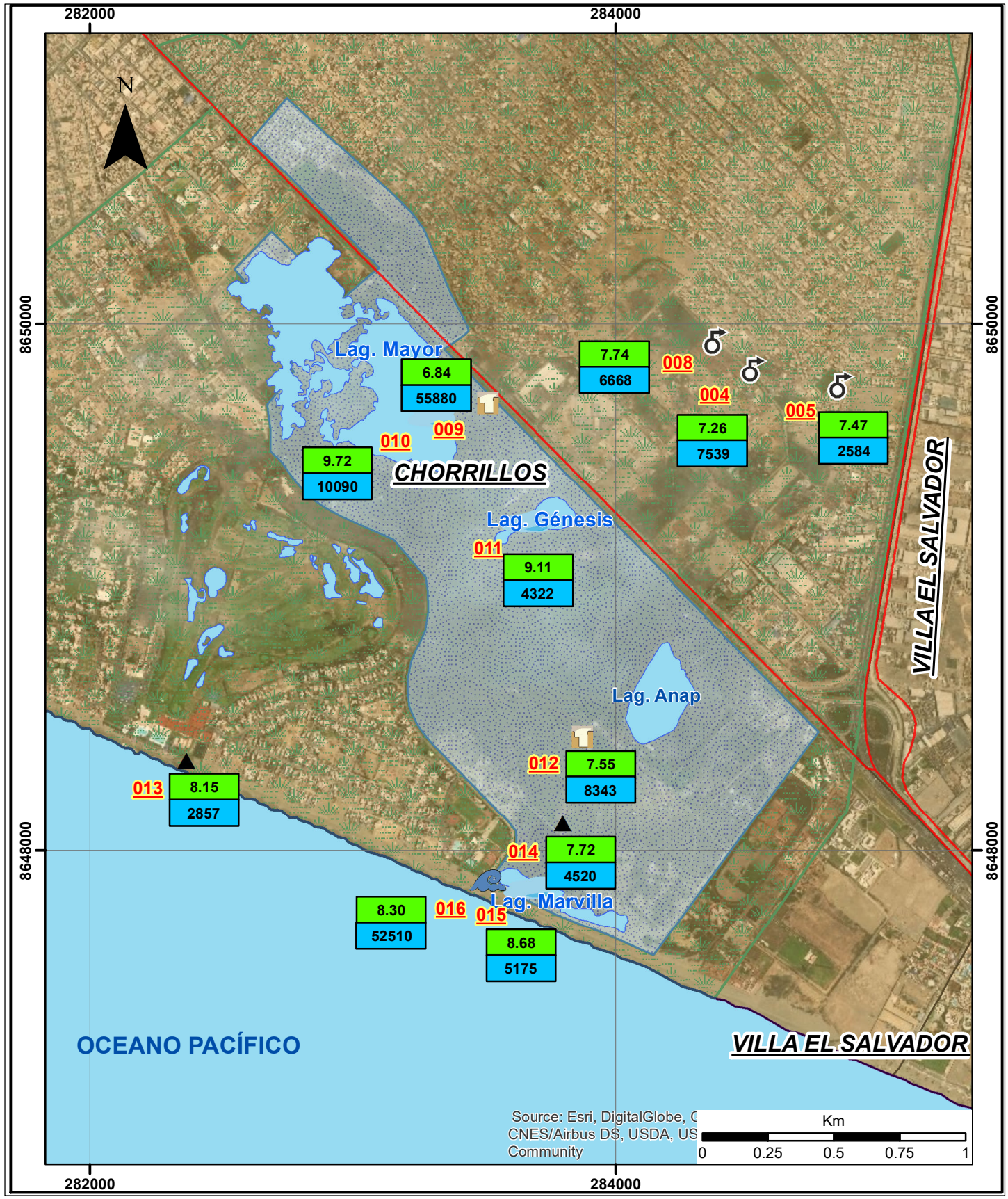
En el sector de la calicata 1 (1375539-009), el material fue removido; así mismo la presencia de desmonte, hizo que se convirtiera en una zona de mezcla junto con desechos antrópicos, los flujos de agua pasan por estos materiales, pudiendo otorgarle el elevado valor de 55880 µS/cm.

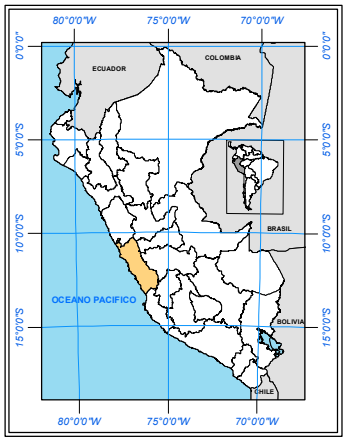
Figura 5.2: Representación esquemática para el parámetro de Conductividad Eléctrica de las fuentes de agua en los Humedales de Pantanos de Villa, en comparación con los ECAs.



ECA cat 1 – A1 (1500) Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
ECA cat 1 – A2 (1600) Aguas que puede ser potabilizada con tratamiento convencional.
ECA cat 3 – D1 (2500) Aguas para riego de vegetales.
ECA cat 3 – D2 (5000) Aguas para la bebida de animales.
ECA cat 4 – E1 (1000) Aguas de lagunas y lagos.

Figura 5.3: Mapa de variación del potencial hidrogeno (pH) y conductividad eléctrica.





SIMBOLOGÍA

- Vías
- Distritos
- Zona de amortiguamiento
- Refugio de Vida Silvestre Los Pantanos de Villa
- Manantial
- Punto de control
- Mar
- Laguna
- Calicata

CODIFICACIÓN

1375539-004

Código de la unidad Hidrográfica de la Intercuenca 1375539 (ANA)

004

Código de inventario de la Fuente (INGEMMET):

-004

POTENCIAL DE HIDRÓGENO — pH

CONDUCTIVIDA ELÉCTRICA (µS/cm) — C.E.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA.

DISTRITO DE CHORRILLOS - LIMA

MAPA DE VARIACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH) Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Figura 5.3

Elaborado por: J. Moreno, M. Charca, & J.Fiestas

Escala 1: 25 000

Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

5.2.3. ANÁLISIS DE LAS FACIES HIDROQUÍMICAS

En la determinación de las predominancias químicas, se usó diagramas hidroquímicos interpretativos, donde se procesaron los datos de los resultados del laboratorio. Los diagramas hidroquímicos se elaboraron usando el software Aquachem versión 5.1, que a su vez nos ha permitido generar un mapa hidroquímico (Figura 5.4), que represente los valores y el predominio de los elementos químicos mayoritarios, representados mediante los diagramas de Stiff, para el análisis e interpretación final, se han utilizado los diagramas de Piper y Scatter.

5.2.3.1. DIAGRAMAS DE STIFF

En los diagramas de Stiff, se evaluaron las concentraciones de los componentes iónicos mayoritarios, como los cationes (Ca, Mg, Na y K) y aniones (bicarbonatos, sulfatos y cloruros). Dichos diagramas representan sintéticamente las características químicas principales del agua, facilitando su clasificación, el análisis del diagrama de cada estación de muestreo, se encuentra ploteado en el mapa hidroquímico.

Los diagramas obtenidos, facilitan la clasificación, otorgando un nombre de acuerdo a los valores hidroquímicos predominantes, obteniendo 04 grupos de diferentes rangos de predominancia hidroquímica en meq/l, de 30 meq/l, (03 fuentes en color azul), de 50 meq/l (03 fuentes en color amarillo), de 90 meq/l (03 fuentes de color verde), todas estas presentan considerables índices de mineralización, mientras que el cuarto grupo de 02 fuentes, en color rojo, se encuentran en el rango de 700 meq/l, indicando que presentan elevada predominancia química y que corresponden a la muestra del mar y a la calicata 1 (1375539-009).

Estos diagramas, debidamente ploteados en el mapa hidroquímico, muestran que todas las fuentes de agua, son principalmente del tipo cloruradas sódicas, para los cuatro grupos de rangos establecidos, (30, 50, 90 y 700 meq/l), adoptando altas concentraciones, por el contacto de los flujos de agua con las costras salinas que se forman por las brisas del mar, los depósitos aluviales con altos contenidos de sales, y los desechos de la actividad antrópica, recibiendo también los aportes de las aguas de mar, a través de la zona de mezcla.

Figura 5.4: Mapa Hidroquímico de las fuentes de agua del RVSPV.

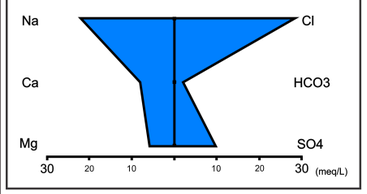
280000

285000

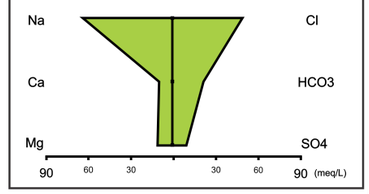
8650000

DIAGRAMAS DE STIFF

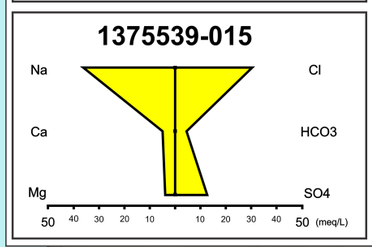
1375539-011



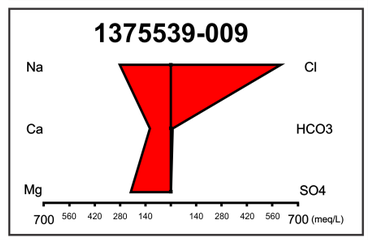
1375539-012

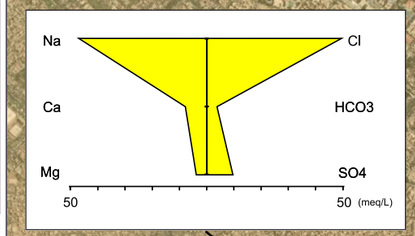


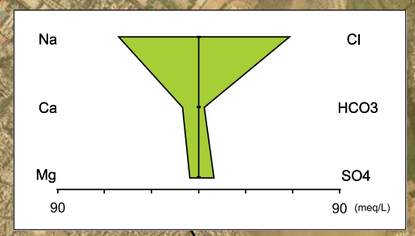
1375539-015

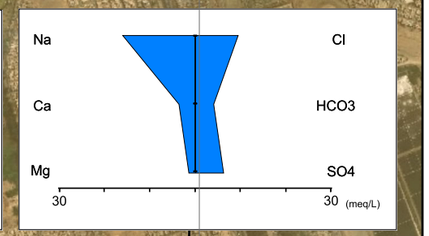


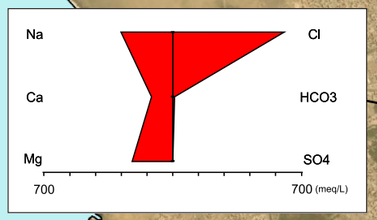
1375539-009

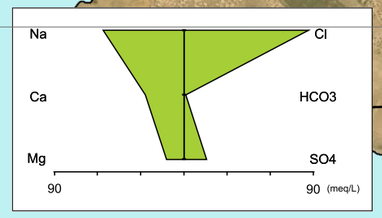


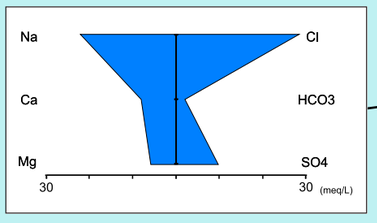


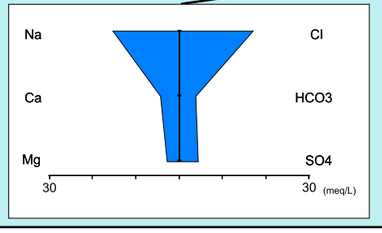


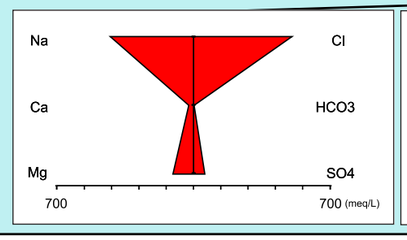


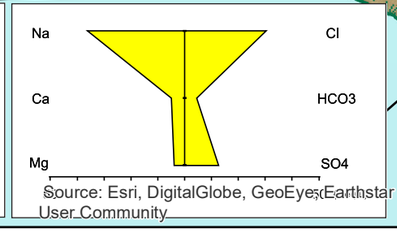


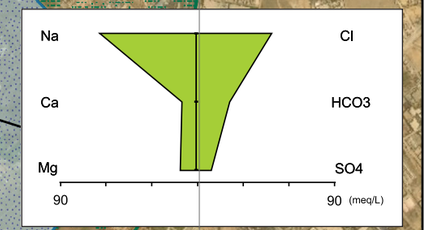


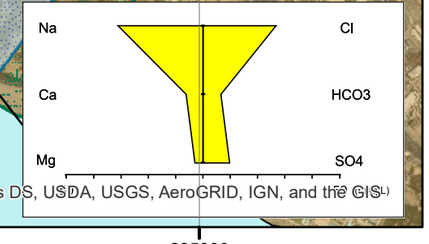












OCEANO PACÍFICO

008
004
005
009
010
011
012
013
014
016
015

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

SIMBOLOGÍA

- Zona de amortiguamiento
- Bofedales

TIPO DE FUENTE

- Manantial
- Punto de control
- Mar
- Laguna
- Calicata

CODIFICACIÓN

1375539-004

Código de la unidad Hidrográfica de la Intercuenca 1375539 (ANA)

004

Código de inventario de la Fuente (INGEMMET):

-004

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LOS HUMEDALES DE PANTANOS DE VILLA
DEPARTAMENTO DE LIMA

MAPA HIDROQUÍMICO DE LAS FUENTES DE AGUA DEL RVSPV

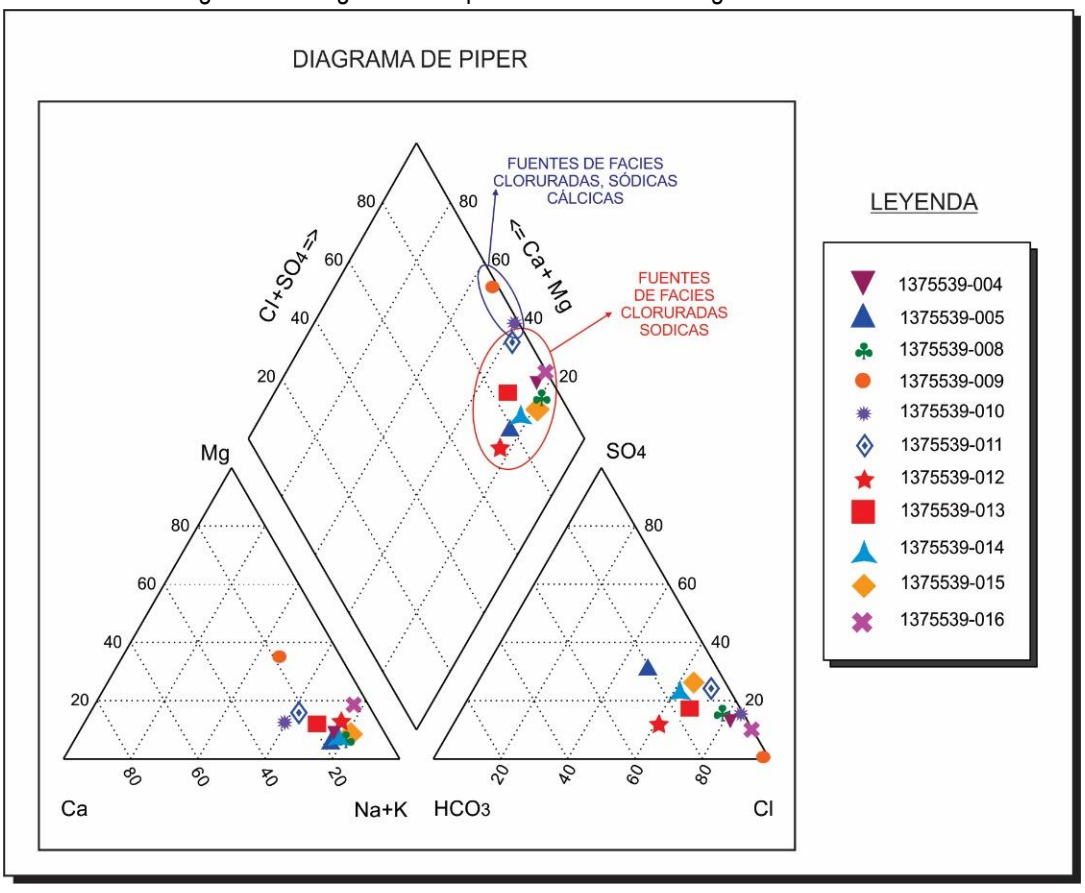
MAPA 5.4	Elaborado por: J. Moreno, M. Charca & J.Fiestas
Escala 1: 25 000	Proyección: UTM WGS 84 Zona 18 Sur

5.2.3.2. DIAGRAMAS DE PIPER

En la figura 5.5, se muestra el diagrama de Piper, analizando la predominancia iónica y las facies hidroquímicas a las que las aguas pertenecen. El ploteo de los resultados de elementos mayoritarios, que se muestran en el diagrama de Piper, corrobora la predominancia que se muestra en el mapa hidroquímico.

El diagrama de Piper, y el mapa hidroquímico, donde se plotearon los diagramas de Stiff, muestran que las fuentes de agua analizadas en el RVSPV, son principalmente del tipo Cloruradas Sódicas, el ion cloruro es un común indicador de flujos de agua de recorrido regional, aunque en el área de estudio, no necesariamente corresponde a este tipo de flujos, ya que existe una gran influencia del agua de mar, y de las sales que se encuentran en los depósitos aluviales, las cuales aportan el ion cloruro a las aguas, descartándose así los flujos regionales, por estas mismas razones es que las aguas presentan conductividades eléctricas elevadas, superando todas los 2500 µS/cm.

Figura 5.5: Diagrama de Piper de las fuentes de agua en el RVSPV.



5.2.4. ANÁLISIS DE CALIDAD DE LAS AGUAS

Conociendo el ciclo hidrogeológico, se sabe que las aguas de lluvia, que se infiltran en el subsuelo, generalmente tienen escaso contenido iónico, es en la escorrentía subterránea a través del paso por la zona no saturada y la zona saturada, donde se produce una interacción agua - fase sólida (roca y suelo) por lo que el agua va adquiriendo sustancias químicas, como elementos totales y disueltos, y surgen a superficie (pozos, piezómetros o manantiales) con una determinada composición química.

Los metales totales y disueltos en el RVSPV, están relacionadas con el recorrido de las aguas por depósitos aluviales cargados en sales, influenciados por la cercanía al mar, como un comportamiento natural; sin embargo, dichas fuentes, también se ven afectadas por la intensa actividad antrópica, donde la contaminación de las fuentes va aumentando considerablemente.

En el tema del análisis de la calidad de las aguas, para conocer la composición química de las fuentes, y como se ven afectados por estos agentes contaminantes, se comparó con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), del DS 004-2017-MINAM.

Los valores anómalos de las fuentes de aguas que superan el límite, en comparación referencial con los Estándares de Calidad Ambiental, analizando las categorías según la disposición de la fuente en el RVSPV, se muestran en los cuadros 5.2, 5.3 y 5.4; donde se observan los elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 1, para los manantiales en el cuadro 5.2.

Los elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 3, para los manantiales y calicatas, en el cuadro 5.3; y finalmente el cuadro 5.4; de elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 4, para las lagunas. Dichos cuadros se muestran a continuación.

Cuadro 5.2: Elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 1, para los manantiales.

ECAs			CATEGORÍA 1: Poblacional y recreacional SUBCATEGORÍA A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable											
N°	CÓDIGO / SÍMBOLO		A1					A2				A3		
			As	Cl^-	NO_2^-	NO_3^-	$SO_4^=$	As	Cl^-	NO_2^-	NO_3^-	Cl^-	NO_3^-
1	1375539-004	♂	0.014	2052.830	28.710	345.480	465.100	0.014	2052.830	28.710	345.480	2052.830	345.480
2	1375539-005	♂		330.770	4.240	313.360	294.560		330.770	4.240	313.360	330.770	313.360
3	1375539-008	♂	0.013	1758.340	27.230	225.150	460.540	0.013	1758.340	27.230	225.150	1758.340	225.150
LÍMITES - ECAs (mg/l)			0.010	250.000	3.000	50.000	250.000	0.010	250.000	3.000	50.000	250.000	50.000

A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

Cuadro N° 5.3: Elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 3, para los manantiales y calicatas.

ECAs		CATEGORÍA 3														
N°	CÓDIGO / SÍMBOLO	SUBCATEGORÍA D1 : Riego de vegetales									SUBCATEGORÍA D2 : Bebida de animales					
		As	B	Ba	Cl^-	Li	Mg	Mn	NO_2^-	$NO_3^- + NO_2^-$	As	B	Li	Mn	NO_2^-	$NO_3^- + NO_2^-$
1	1375539-004				2052.830				28.710	374.190					28.710	374.190
2	1375539-005									317.600						317.600
3	1375539-008				1758.340				27.230	252.380					27.230	252.380
4	1375539-009	0.203	5.353	1.486	21456.490	6.341	2822.900	2.782	203.840	208.590	0.203	5.353	6.341	2.782	203.840	208.590
5	1375539-012		5.224		1757.030				12.610			5.224			12.610	
LÍMITES - ECAs (mg/l)		0.100	2.400	0.700	500.000	2.500	250.000	0.200	10.000	100.000	0.200	5.000	2.500	0.200	10.000	100.000

Manantial | Calicata

Cuadro N° 5.4: Elementos que sobrepasan los ECAs en la categoría 4, para las lagunas.

ECAs		CATEGORÍA 4: Conservación del Ambiente Acuático	
N°	CÓDIGO / SÍMBOLO	SUBCATEGORÍA E1: Lagunas y lagos	
		NO_3^-	Tl
1	1375539-010	23.000	0.010
2	1375539-011		0.004
3	1375539-015		0.007
LÍMITES - ECAs (mg/l)		13.000	0.001

A continuación, se describen las fuentes de agua que sobrepasan las concentraciones de cada elemento químico, de acuerdo a la categoría analizada, con sus respectivas figuras.

5.2.4.1. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A1

Se seleccionaron 11 muestras de agua subterránea en el "Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa" ubicados al NW de la ciudad de Lima, donde se encontraron mayores concentraciones de elementos químicos en las fuentes Miramar (1375539-004 mg/L), Lavandería (1375539-005 mg/L), Las Terrazas (1375539-008 mg/L) que presentan caudales que varían de 1.4 a 3 L/s

Estas fuentes de agua subterránea superan los ECAs categoría 1, sub categoría A1, en sulfatos, cloruros, nitratos, nitratitos y arsénico como se presenta en las figuras 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10 respectivamente, los manantiales que surgen en el acuífero costero aluvial se encuentran en un entorno de humedales cubiertos con vegetación abundante (totora), donde se interpreta que el aporte de sulfatos está sujeta a procesos de reducción, especialmente en presencia de la materia orgánica y agentes antrópicos.

La presencia de cloruros, se debe a la interacción de los flujos de agua con los depósitos aluviales cargados en sales, costras salinas en subsuelo, y también a la actividad antrópica de la zona.

Además, el origen de nitratos en aguas subterráneas, proviene principalmente de fertilizantes y sistemas sépticos, los nitratos en esta zona, se encuentran asociados a los nitritos, y estos nos indican puntos de putrefacción y descomposición.

Las fuentes 1375539-004 y 1375539-008 superan las concentraciones establecidas en los ECAs para el arsénico, su posible procedencia se origina en el intercambio iónico que arrastra las aguas subterráneas de la parte alta del batolito de la costa.

Figura 5.6: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A1, para el Sulfato.

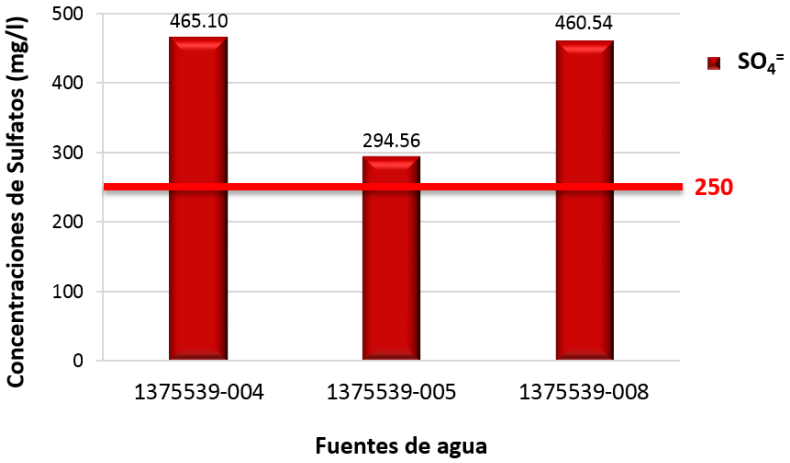


Figura 5.7: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A1, para el Cloruro.

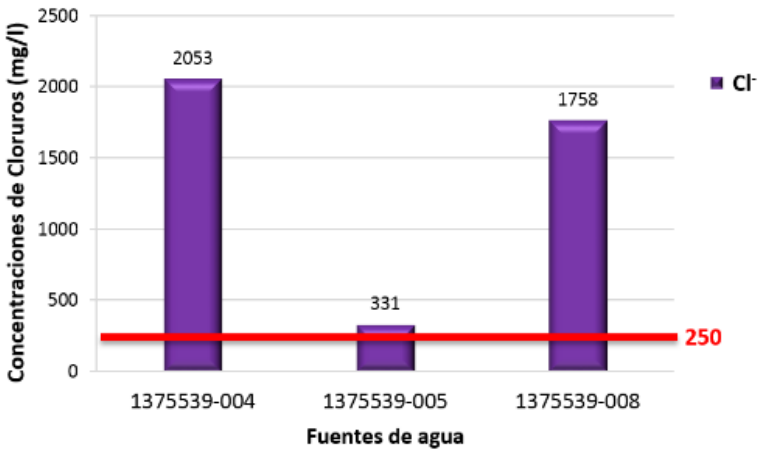


Figura 5.8: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A1, para el Nitrato.

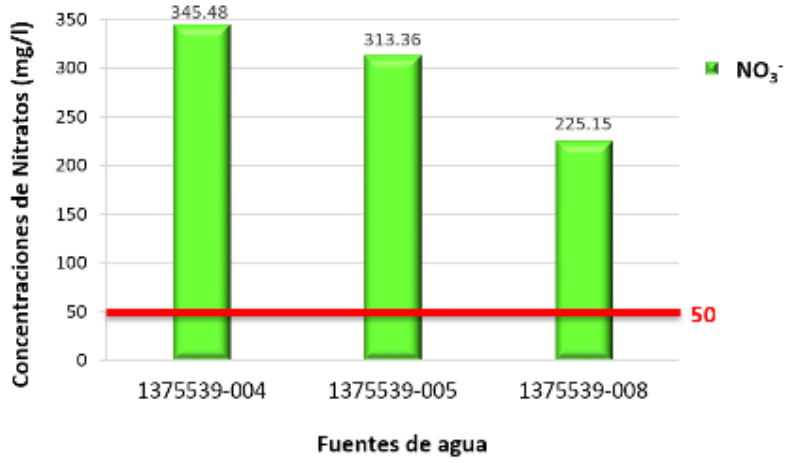


Figura 5.9: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A1, para el Nitrito.

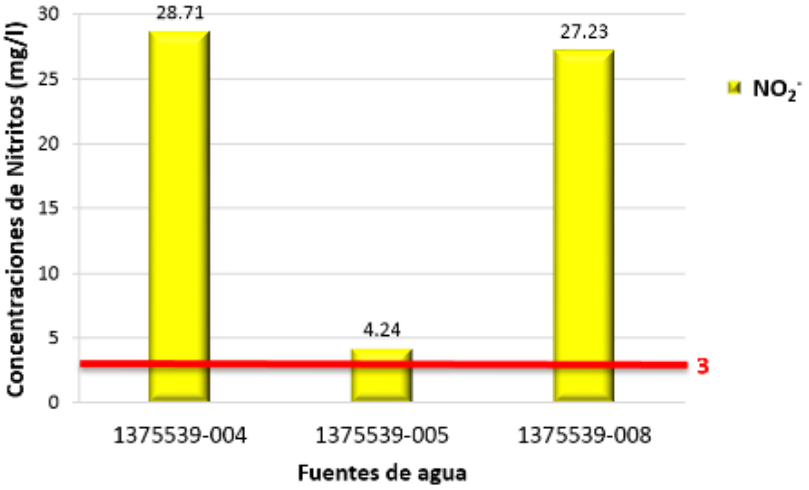
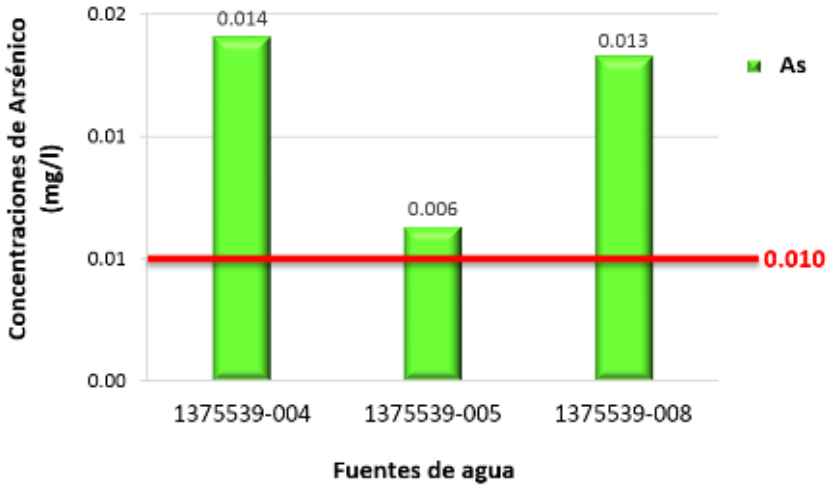


Figura 5.10: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A1, para el Arsénico.



5.2.4.2. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A2

Existen dos fuentes de agua subterránea 1375539-004 y 1375539-008 superan los ECAs en nitritos y arsénico (Figuras 5.11 y 5.12), en relación a esta categoría se aprecia que manantial Lavandería (1375539-005), que presenta un caudal de 3 L/s, es usado por la población para actividades de lavado de ropa, utilizando detergentes que contaminan el acuífero. Las aguas de estos manantiales pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, mediante los diferentes procesos de potabilización (Coagulación, floculación, etc.)

Figura 5.11: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A2, para el Nitrito

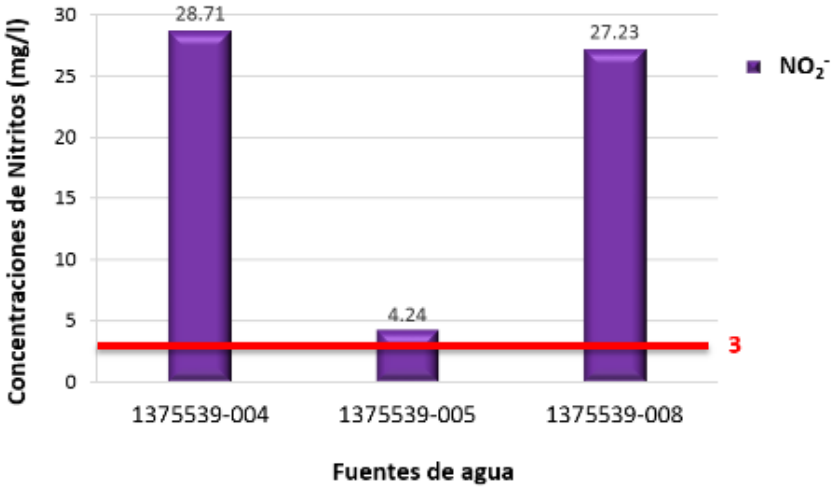
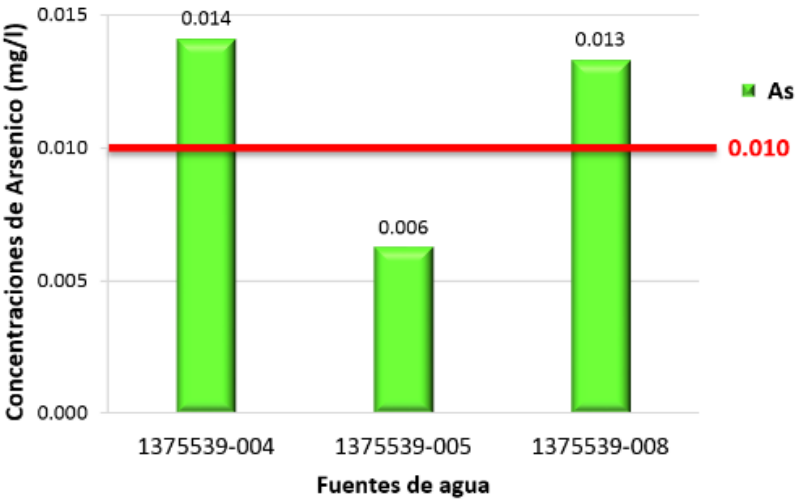


Figura 5.12: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A2, para el Arsénico



5.2.4.3. CATEGORÍA 1 – SUBCATEGORÍA A3

Son dos fuentes de agua subterránea 1375539-004 y 1375539-005, que presentan elevadas concentraciones en cloruros – nitratos (Figuras 5.13 y 5.14), que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado como percolación, micro filtración, carbón activado, etc.

Figura 5.13: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A3, para el Cloruro

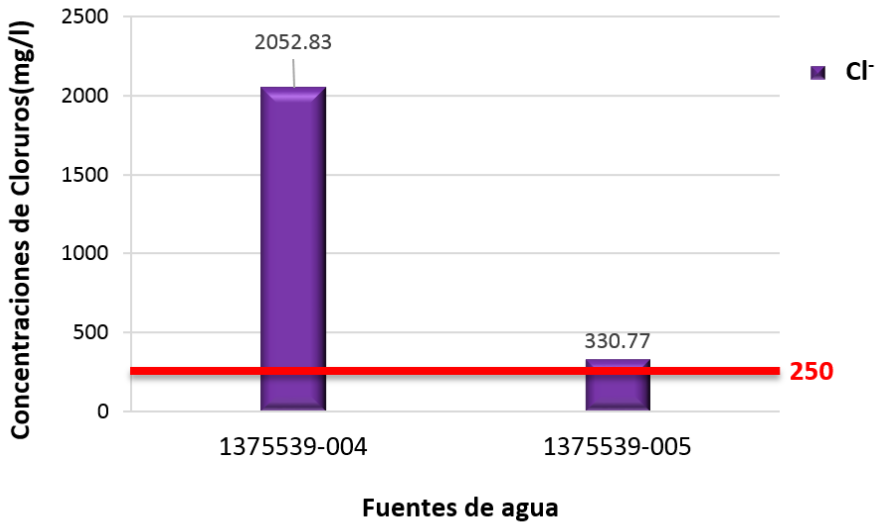
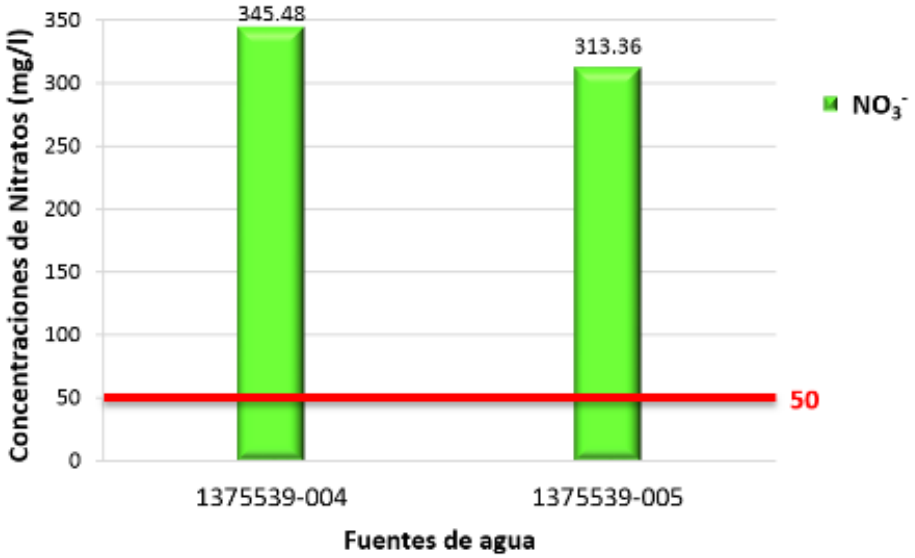


Figura 5.14: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 1 – Subcategoría A3, para el Nitrato



5.2.4.4. CATEGORÍA 3 – SUBCATEGORÍA D1

En lo que concierne al ECA, categoría 3, subcategoría D1, el manantial 1375539-004, supera el ECA en cloruros, nitratos y nitratos más nitritos; el manantial 1375539-005 solo en nitratos más nitritos; el manantial 1375539-008, supera en cloruros, nitratos y nitratos más nitritos, la calicata 1375539-012, supera en boro, cloruros y nitratos, finalmente la calicata 1375539-009, supera en cloruros, nitratos, nitrito, arsénico, bario, boro, litio, magnesio y manganeso, (Figuras 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.1, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23).

Figura 5.15: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Cloruro

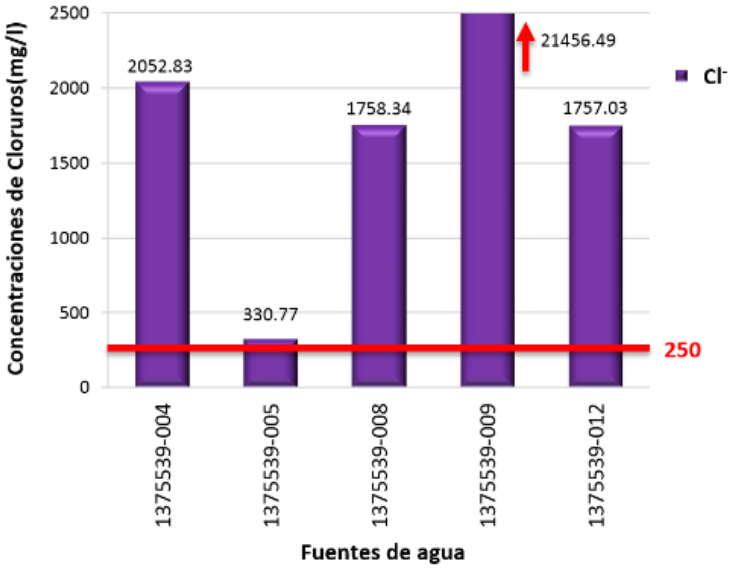


Figura 5.16: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Nitrato más Nitrito

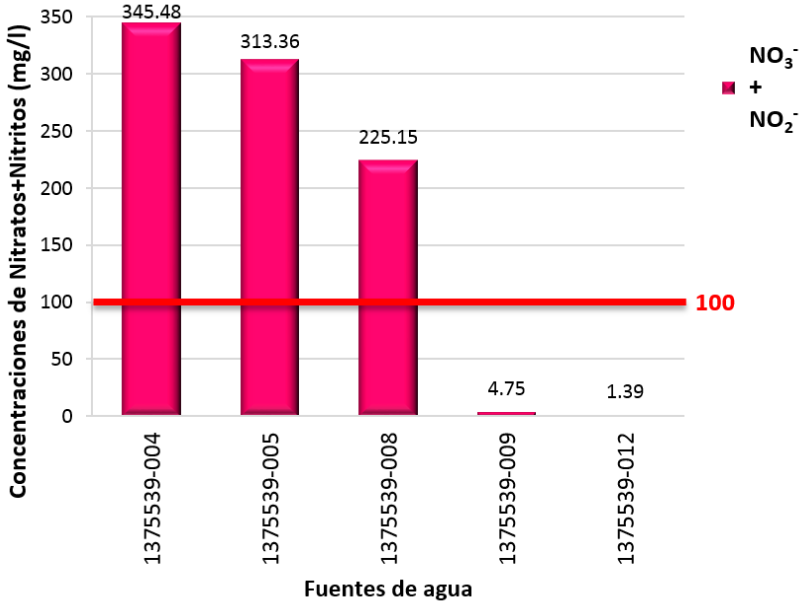


Figura 5.17: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Nitrito

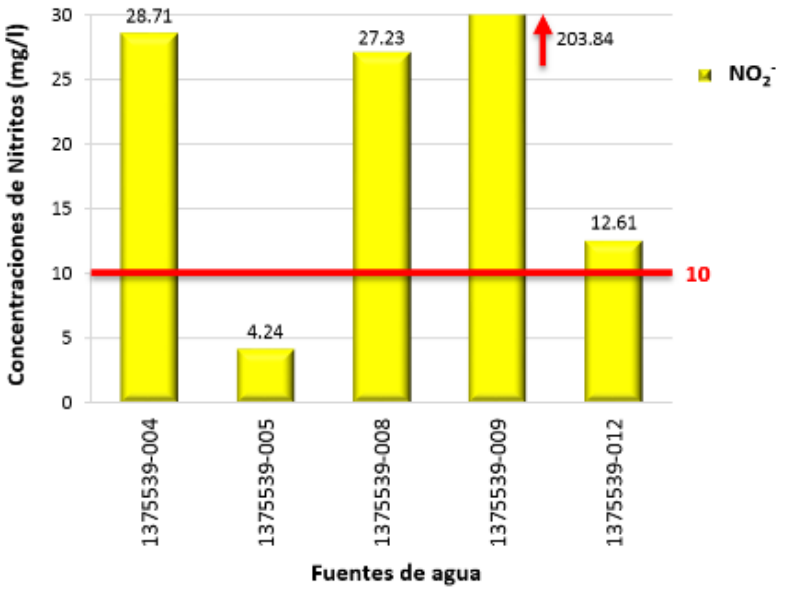


Figura 5.18: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Arsénico

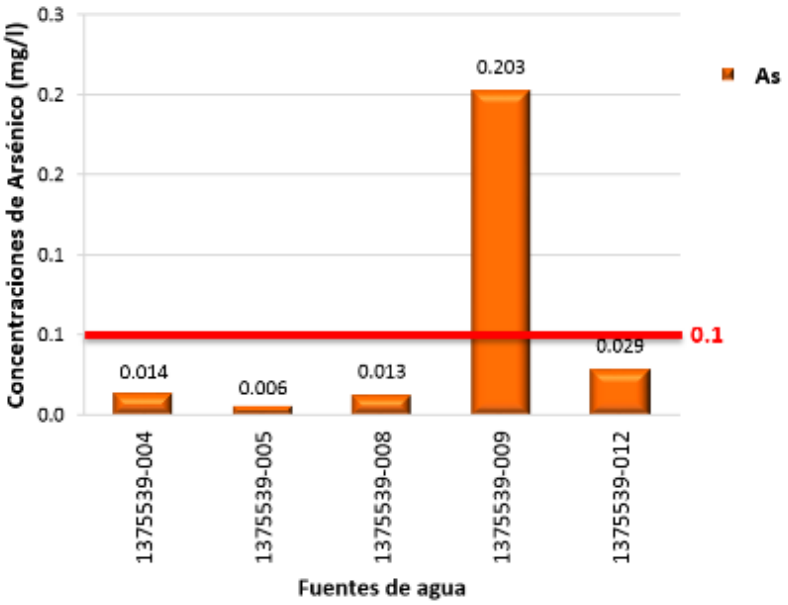


Figura 5.19: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Bario

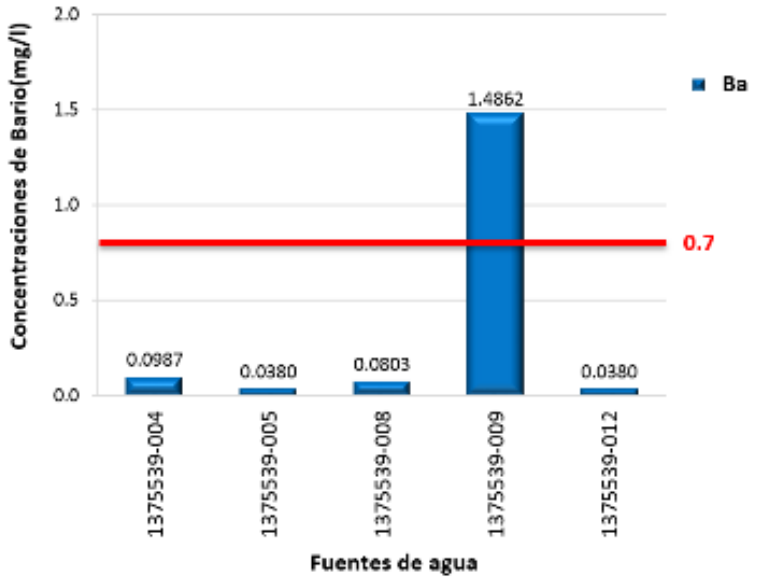


Figura 5.20: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Boro

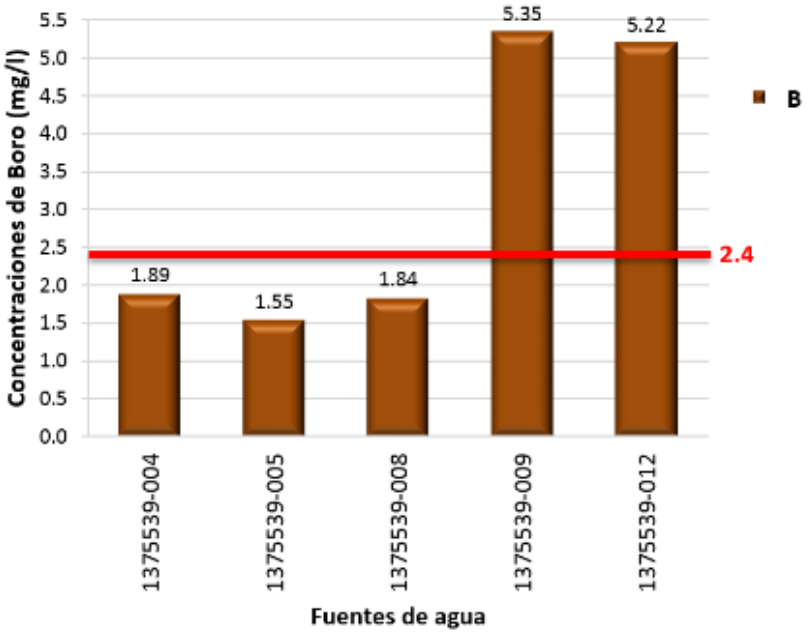


Figura 5.21: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Litio

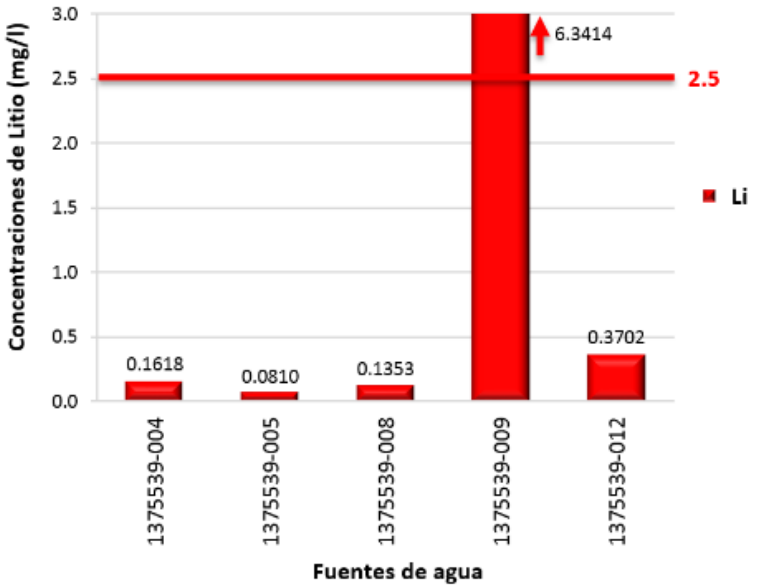


Figura 5.22: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Magnesio

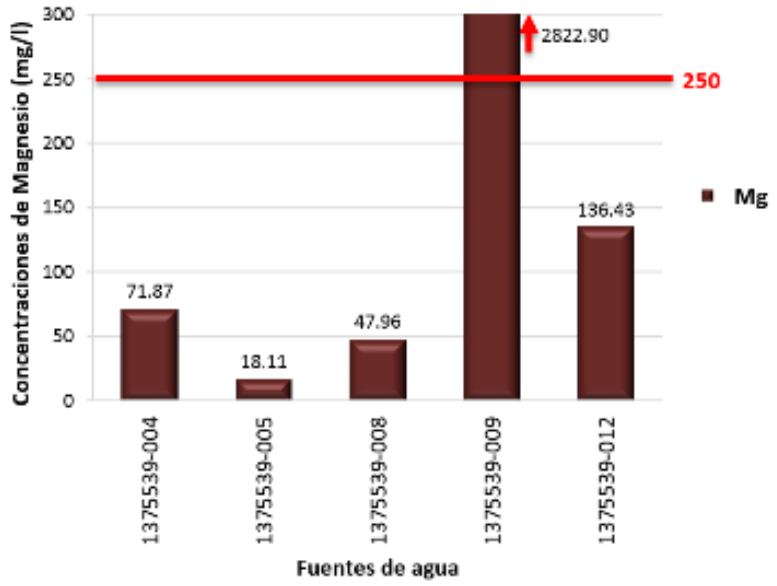
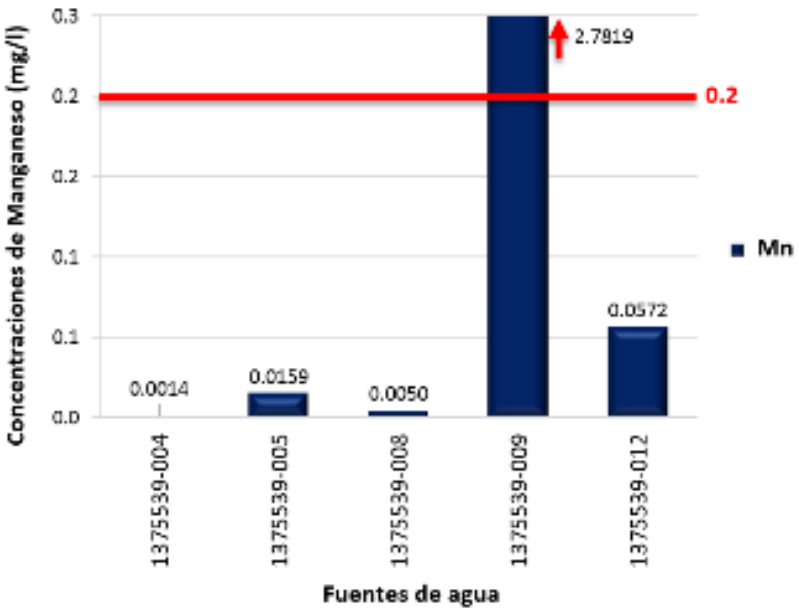


Figura 5.23: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D1, para el Manganeso



5.2.4.5. CATEGORÍA 3 – SUBCATEGORÍA D2

Para el ECA, categoría 3, subcategoría D2, el manantial 1375539-004, supera el ECA en nitratos y nitratos más nitritos; el manantial 1375539-005 solo en nitratos más nitritos; el manantial 1375539-008, supera en nitratos y nitratos más nitritos; la calicata 1375539-012, supera en boro y nitratos y la calicata 1375539-009, supera en los elementos nitratos más nitritos, arsénico, boro y manganeso (Figuras 5.24, 5.25, 5.26, 5.27 y 5.28).

Se hará la interpretación para las dos subcategorías de la categoría 3. Los elevados niveles de arsénico, están relacionados al intercambio iónico de las aguas subterráneas aguas arriba, con el batolito de la costa. Los cloruros están relacionados a la influencia del agua de mar en las aguas como en los depósitos aluviales (costras de sal), por donde circulan las aguas subterráneas. Los nitratos y nitritos están relacionados a la actividad antrópica, y al excesivo uso de detergentes y fertilizantes. El boro está relacionado a los boratos (sales) que se encuentran también en los depósitos aluviales, esto producto de la influencia de las brisas marinas.

El Ba, Li, Mg, Mn, solo supera el ECA, categoría 3, en la calicata 1375539-009, esto debido a que, en la zona de la calicata, el material fue removido y se mezcló con el desmonte allí presente y con los desechos antrópicos, lo cual, al pasar los flujos de agua en su interior, hace que exista una lixiviación de estos materiales y las aguas se carguen de estos elementos.

Figura 5.24: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D2, para el Nitrato más Nitrito

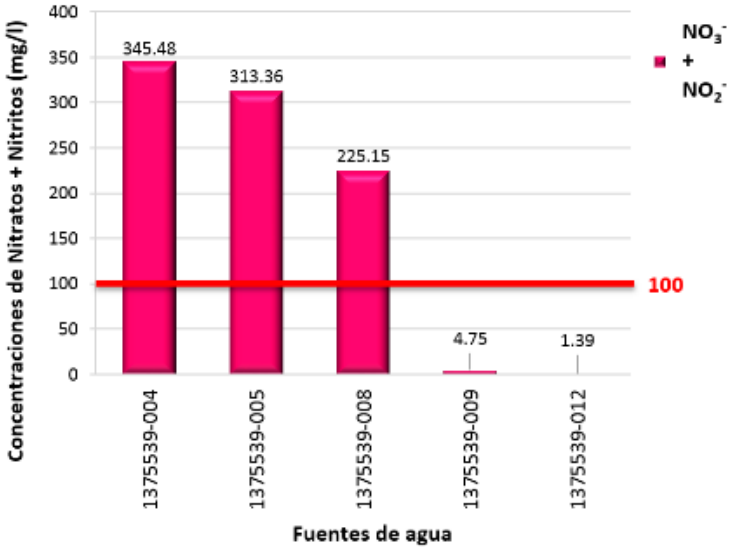


Figura 5.25: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D2, para el Nitrito

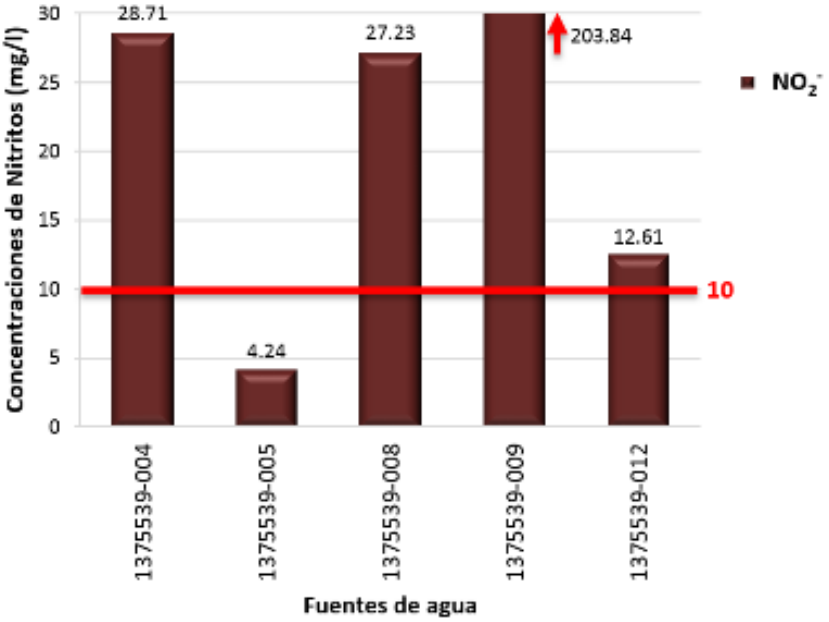


Figura 5.26: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D2, para el Arsénico

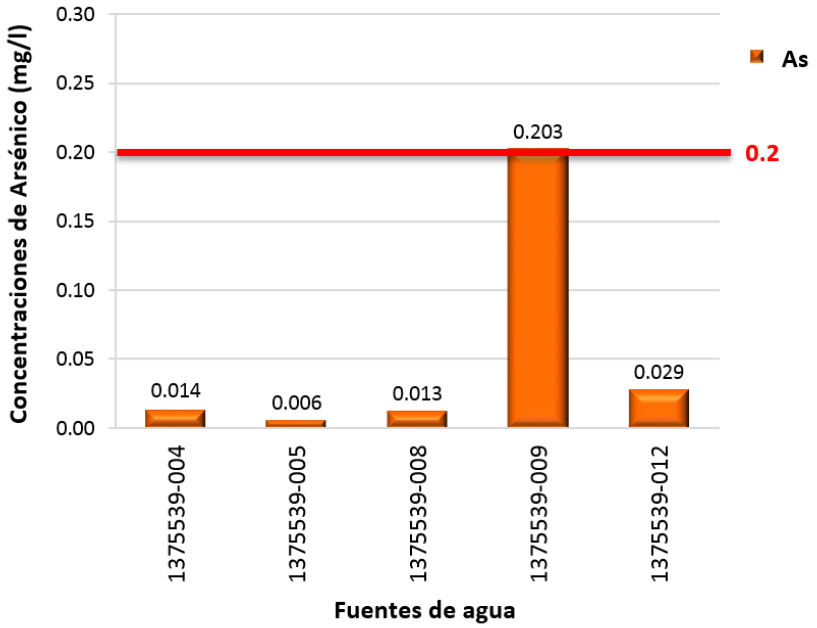


Figura 5.27: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D2, para el Boro

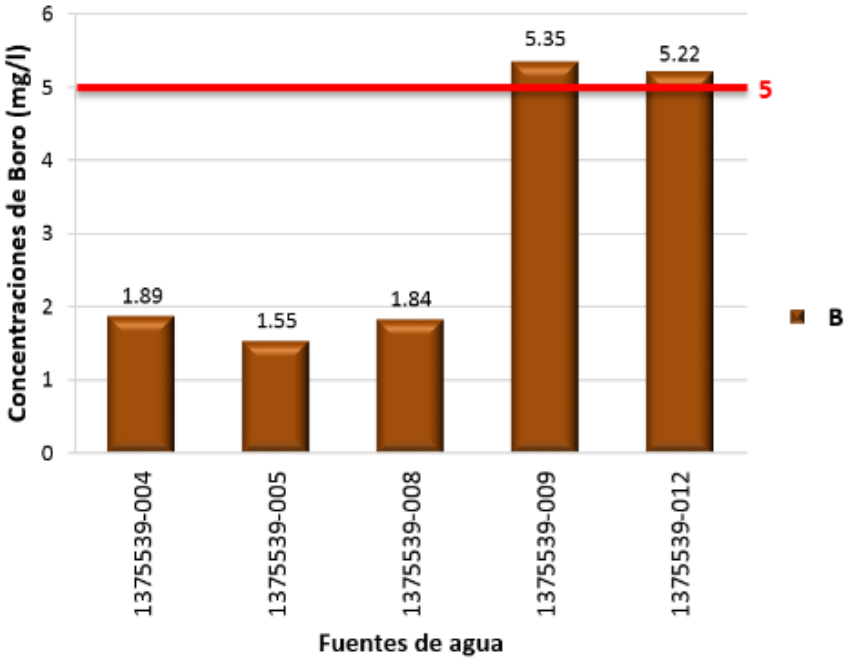
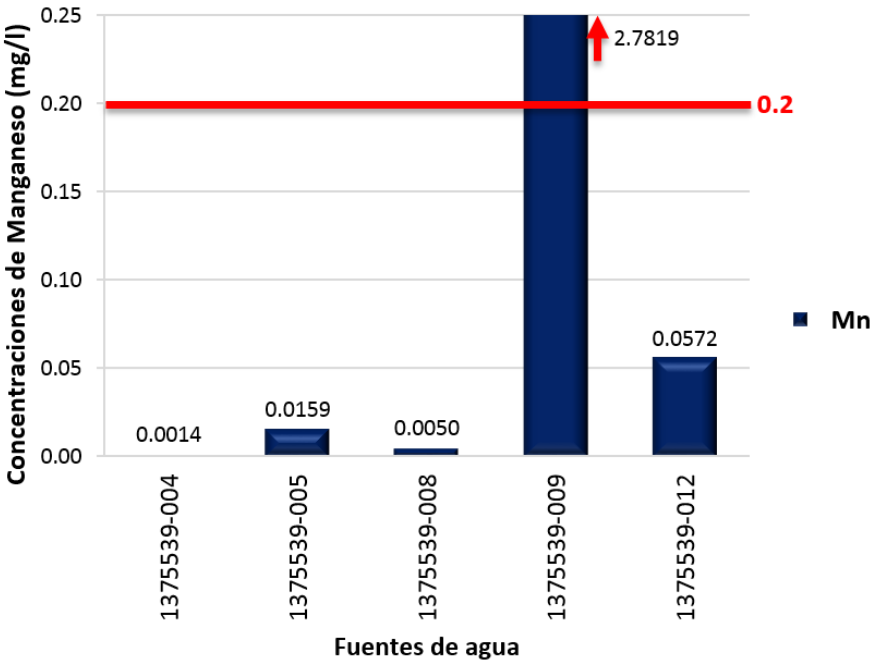


Figura 5.28: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 3 – Subcategoría D2, para el Manganeso



5.2.4.6. CATEGORÍA 4 – SUBCATEGORÍA E1

Para el ECA, categoría 4, subcategoría E1, la laguna Mayor (1375539-010), sobrepasa en valores de nitrato, debido a la intensa actividad biológica de fauna y flora en esta laguna. Así mismo, las tres lagunas ubicadas en la zona (1375539-010, 1375539-011, 1375539-015), superan el ECA, categoría 4, subcategoría E1 en Talio, este elemento está relacionado a la actividad industrial y antrópica, y es muy bien retenido en suelos y lodos con grandes cantidades de arcilla y materia orgánica, como los que se presentan en el RVSPV, también está relacionado al agua de mar, a las brisas marinas y a algunos tipos de fertilizantes (Figuras 5.29 y 5.30).

Figura 5.29: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 4 – Subcategoría E1, para Nitrato

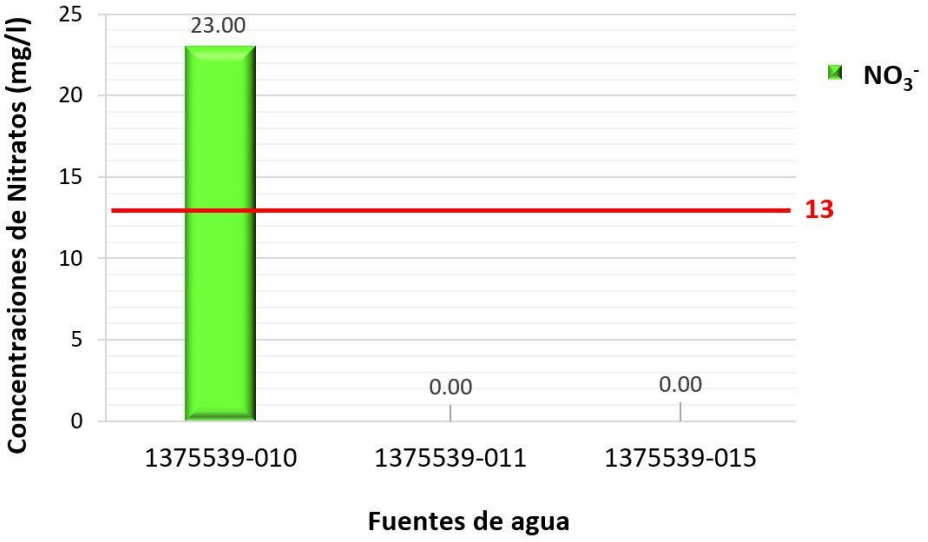
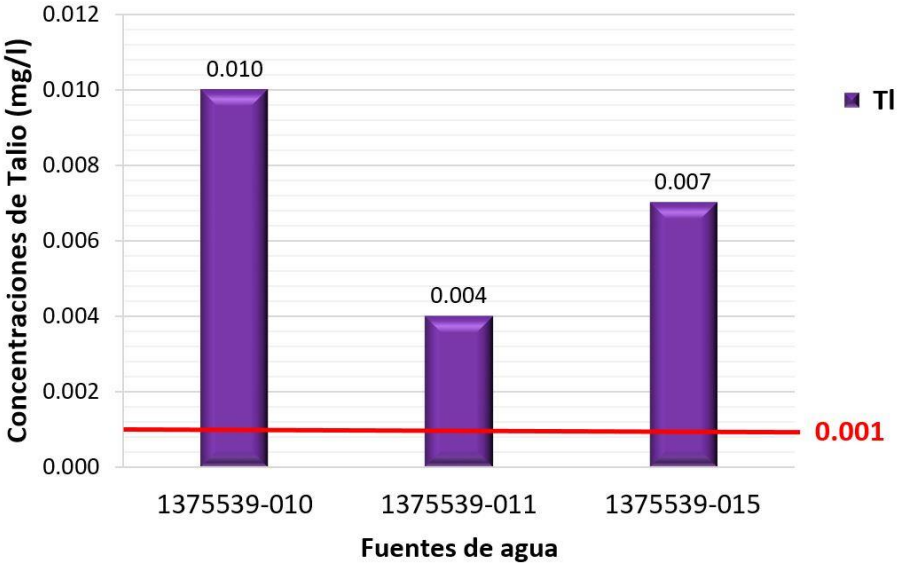


Figura 5.30: Fuentes de agua que sobrepasan la Categoría 4 – Subcategoría E1, para el Talio



CONCLUSIONES

- En la zona de estudio, el crecimiento urbano, la industrialización y la baja conciencia ambiental por parte de los pobladores, genera una amenaza sobre la zona del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, que es un ecosistema sensible y vulnerable, que brinda un importante servicio ecosistémico para los seres vivos. Estos factores generan focos de contaminación antrópica cercanos a los humedales.

- En la zona de estudio, contamos con un acuífero de gran importancia que es el Acuífero Poroso No Consolidado Aluvial, el cual es muy vulnerable a esta contaminación; además que, por la presencia de la zona urbana, su área de recarga se ve cada vez más reducida.

- Los estudios de prospección geofísica (Sondajes Eléctricos Verticales y Tomografías Eléctricas), demostraron que las resistividades muy bajas (2.33 Ohm-m aproximadamente), están relacionadas a la presencia de aguas salobres y/o arcillas, las resistividades bajas están relacionadas a zonas con presencia de agua poco salobre y las resistividades moderadas (86.6 Ohm-m aproximadamente) están relacionadas con presencia de agua dulce.

- El mapa de isobatas, muestra que el nivel freático del Acuífero Poroso No Consolidado del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, se encuentra más superficial en el sector Este del área de estudio, y en los alrededores de la Laguna Mayor, evidenciando que el acuífero se encuentra saturado. El mapa de hidroisohipsas, muestran el comportamiento de los flujos de las aguas subterráneas de manera localizada, dichos flujos discurren de los niveles de agua de mayor cota hacia los de menor cota, y se manifiestan en la dirección de Este a Oeste y moderadamente de Norte a Sur.

- La facies hidroquímica predominante en el Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa, es Clorurada Sódica, esto nos indica un alto contenido de sales en las aguas, producto de la acumulación de costras de sal sobre los depósitos aluviales, debido a las brisas marinas; así como, la influencia del agua de mar en la zona de mezcla entre las aguas saladas y dulces. Por otra parte, la contaminación antrópica y la inadecuada gestión de uso de suelos (desechos de desmonte), afectan también en las concentraciones de las aguas.

- Según los ECA, se observa que las aguas superficiales y subterráneas en la zona de estudio, superan los límites establecidos de esta norma, en elementos como Cl, NO_3, NO_2, B, As, Li, Mn, Mg, SO_4, Ba y Tl, los cuales tienen un origen natural, tanto como antrópico, lo que ocasiona que mucha flora y fauna se vea afectada.

RECOMENDACIONES

- Impulsar la concientización en el cuidado y conservación del medio ambiente, alineado con un plan integral de gestión que involucre a la población, con una participación activa del municipio como eje integrador de todos los grupos de interés y así asegurar su aceptación y exitosa aplicación.

- Continuar con el monitoreo de las fuentes de agua superficial y subterránea, dentro del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa; así como, ubicar puntos de control para los registros de los niveles freáticos (piezómetros de control).

- Mejorar el ordenamiento territorial, evitando el crecimiento urbano desordenado, y no generen interferencia en la dirección natural de los flujos subterráneos, de acuerdo al plan integral de gestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guillén Aguirre, Gisella - Hidrología (Diversidad protozoológica de los Pantanos de Villa Chorrillos Lima).
- Victor Manuel Pulido Capurro, 2018 - Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú.
- Instituto Promoción y Desarrollo Agrario - Plan Maestro de Gestión y Manejo Ambiental de los Pantanos de Villa.
- Antenor Alemán, Victor Benavides y Walther Leon - Guía de campo: "Excursión Geológica, estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima", Sociedad Geológica del Perú.
- Emilio Custodio - Aguas Subterráneas y Humedales en zonas llanas, Dr. I.I., Real Academia de Ciencias.
- Emilio Custodio - Las Aguas Subterráneas como elemento básico de la existencia de numerosos Humedales; Dept. Ingeniería del Terreno, Universidad Politécnica de Cataluña. Magdalena Bermudes, Toa Torán - El Plan Estratégico Español para la conservación y el uso racional de los Humedales, en el marco de los ecosistemas acuáticos de que dependen.
- http://pantanosdevida.blogspot.pe/2010/10/historia-de-los-pantanos-de-villa.html
- http://pantanosdevilla.galeon.com
- https://es.wikipedia.org/wiki/Refugio_de_vida_silvestre_Los_Pantanos_de_Villa.
- León Lecaros, W., & De la Cruz Matos, O. (2002). Mapa Geológico del Cuadrángulo de Lima Escala 1:50 000. Lima: INGEMMET.
- León Lecaros, W., & De la Cruz Matos, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualizacioón de los cuadrangulos de Mala (26j), Lurín (25j) y Lima (25i). Lima: INGEMMET.
- León Lecaros, W., De la Cruz, M. O., Rosell, W., & Torres, V. (2002). Mapa Geológico del Cuadrángulo de La Molina (Hoja de Lurín 25-j4, IV NO) Escala 1 : 50 000. Lima: INGEMMET.
- Palacios Moncayo, O., Caldas Vidal, J., & Vela Velásquez, C. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lima (25i), Lurín (25j), Chanchay (24i) y Chosica (24j). Lima: INGEMMET.

ANEXO N° 1:

REGISTRO DE FICHAS DE INVENTARIO DE FUENTES

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 02 Fecha de aprob : Página: 1 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Miramar	1375539-004	24-01-18	12:38	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649830 N	284525 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
23	X	18S	Las Terrazas de Villa - Chorrillos - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Manantial			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
Superficial			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Material de relleno

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal: 1.4 l/s

Uso: Consumo humano; Actividades secundarias

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24	°C
T° Ambiente	24.7	°C
pH	7.26	
ORP	202.7	mV
CE	7.539	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	3.686	ppt
Salinidad	4.194	PSU
Resistividad	132.9	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	1.99	mg/l
OD	25.1	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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	Incodoro	
Turbidez		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

El manantial esta dentro de una vivienda, el cual forma un humedal de pocas dimensiones, presencia de vegetación (totora) y peces pequeños, es usado como lavadero, por información de la población, antiguamente brotaba agua dulce y actualmente se manifiesta algo salobre.
Rmv=3.9mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 2 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Lavandería	1375539-005	24-01-18	11:21	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649768 N	284857 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
28	X	18S	Palmeras de Villa Baja - Chorrillos - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos			Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Manantial			Químico	X		Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D			Subcuenca	Intercuenca 1375539
Superficial			Radioactivo			Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Depósitos de limo arcilla.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal	3.0	l/s
Uso	Poblacional, preferentemente actividades secundarias	

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24.0	°C
T° Ambiente	25.5	°C
pH	7.47	
ORP	68.3	mV
CE		mS/cm
CE	2584	µS/cm
TDS		mg/l
TDS	1.266	ppt
Salinidad	1.383	PSU
Resistividad	386.7	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	0.81	mg/l
OD	9.6	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno		
Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

El manantial se encuentra en una zona Urbana, rodeada de casas, el cual es usado en actividades de lavado de ropa.
Dirección de flujo N265°.
RmV=-130.6 mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 3 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Las Terrazas	1375539-008	24-01-18	15:09	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649939N	284380E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
22	X	18S	Las Terrazas de Villa - Chorrillos - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos				
Manantial					X	Vertiente Hidrográfica	Pacífico
N.P.			Tipo de Análisis	Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
				Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
				Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo		Descripción Litológica: Material de Relleno
Volcánico		
Metamórfico		
Sedimentario		
Dep. Superficial	X	

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal	2.0 aprox	l/s
Uso	Consumo Humano actividades secundarias	

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24.0	°C
T° Ambiente	26.7	°C
pH	7.74	
ORP	185.8	mV
CE	6.668	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	3.271	ppt
Salinidad	3.694	PSU
Resistividad	150.3	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	8.54	mg/l
OD	111.8	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

El flujo del manantial sigue una dirección hacia la carretera, el cual se dirige hacia la Laguna Mayor del RVSPV.
Rmv=-13.1 Mv

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141
		Versión: 01
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	Fecha de aprob :
		Página: 4 de 11

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Calicata #1	1375539-009	31-01-18	11:56	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649699 N	283514 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
12	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Calicata #1			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
0.35			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Capa de suelo de 0.10 aprox con presencia de raices, capa arenosa, con presencia del N.F.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal ____ l/s

Uso: Ninguno

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	30.5	°C
T° Ambiente	31.8	°C
pH	6.84	
ORP	-97.5	mV
CE	55.88	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	27.33	ppt
Salinidad	37.23	PSU
Resistividad	17.94	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	6.16	mg/l
OD	82.9	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

Rmv = -297.5 mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 5 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Laguna Mayor	1375539-010	25-01-18	17:11	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649652 N	283305 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
15	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control	***Parámetros Físico - Químicos***	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.	***Tipo de Análisis*** Químico	X	Subcuenca	Intercuenca 1375539
	Isotópico O^{18} y D		Microcuenca	
	Radioactivo			

ASPECTOS GEOLÓGICOS

		Descripción Litológica:
Intrusivo		
Volcánico		
Metamórfico		
Sedimentario		
Dep. Superficial	X	

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal ____ l/s

Uso: Ecosistema

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24.0	°C
T° Ambiente	26.9	°C
pH	9.72	
ORP	145.1	mV
CE	10.09	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	4.95	ppt
Salinidad	5.756	PSU
Resistividad	98.98	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	20.45	mg/l
OD	275.1	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

La Laguna Mayor se encuentra rodeada de totora, además de albergar un gran ecosistema, esta agua que colecta se va hacia un canal el cual se dirige hacia el Country Club, agua usada para las lagunas que tiene dicho club.
Rmv = -53.4mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 6 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Laguna Génesis	1375539-011	25-01-18	16:14	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8649251 N	283661 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
19	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	
Punto de control			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
Superficial			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal ____ l/s

Uso: Ecosistema

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	31.1	°C
T° Ambiente		°C
pH	9.11	
ORP	190.4	mV
CE	4.17	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	2.044	ppt
Salinidad	2.264	PSU
Resistividad	239.8	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	25.6	mg/l
OD	346.0	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

Totora y presencia de aves. / Rmv=-8.0 mV
El 30-01-18, se realizo un monitoreo con los siguientes datos:
*RDO=23.99 mg/L sal=2.326 psu
327.0 % sat ρ=235.4 ohm/cm
*CE=4.322 ms/cm ORP=133.1mV
*TDS=2.093 ppt Rmv=-65.2
Correc=195.4

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 7 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Calicata #3	1375539-012	31-01-18	11:16	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8648432 N	283873 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
13	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Calicata #3			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
0.42			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Presencia de una capa de suelo con raices, arcilloso arenoso, capa arenosa.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal: l/s

Uso: Ninguno

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	25.6	°C
T° Ambiente	28.5	°C
pH	7.55	
ORP	-120.6	mV
CE	8.343	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	4.077	ppt
Salinidad	4.672	PSU
Resistividad	120	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	4.46	mg/l
OD	55.2	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

Rmv = -320.7 mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 8 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Country Club	1375539-013	24-01-18	17:03	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8648342 N	282369 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
11	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
Superficial			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Arena fina

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal	1.0	l/s
Uso	Ninguno	

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24.0	°C
T° Ambiente	26.4	°C
pH	8.15	
ORP	95.4	mV
CE		mS/cm
CE	2857	µS/cm
TDS		mg/l
TDS	1.383	ppt
Salinidad	1.486	PSU
Resistividad	362.5	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	5.51	mg/l
OD	68.9	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología:
Litoral

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
Baja	(10-20°)	
Media	(20-40°)	
Fuerte	(40-60°)	
Media	(> 60°)	

GRADO DE FRACTURAMIENTO

Bajo	Medio	Alto

ESTRATIFICACIÓN

Rumbo y Buzamiento

_____

_____

OTROS PARÁMETROS

Color	Amarillento	
Olor	Inodoro	
Turbidez		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

El punto es el desfogue de las agua del country club y laguna mayor que desfogan al mar
ORP=95.4 mV / RmV=-103.4 mV
Se tomó duplicado en este punto para evaluación de QA/QC

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 9 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Canal	1375539-014	26-01-18	13:27	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8648102N	283799E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
13	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente		Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control		Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.	Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
Superficial		Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica: Arena y arcillas

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal: 3.5 l/s

Uso: Ecosistema

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	29.4	°C
T° Ambiente	28.7	°C
pH	7.72	
ORP	131.6	mV
CE	4.52	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	2.215	ppt
Salinidad	2.462	PSU
Resistividad	221.3	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	3.51	mg/l
OD	46.9	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Planicie

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
Baja	(10-20°)	
Media	(20-40°)	
Fuerte	(40-60°)	
Media	(> 60°)	

GRADO DE FRACTURAMIENTO

Bajo	Medio	Alto

ESTRATIFICACIÓN

Rumbo y Buzamiento

_____ / _____

OTROS PARÁMETROS

Color	Amarillo	
Olor	Inodoro	
Turbidez		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

Rmv = -68.2 mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 10 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Laguna Marvilla	1375539-015	25-01-18	13:17	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8647860 N	283663 E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
11	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente			Parámetros Físico - Químicos		Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control			Químico	X	Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.		Tipo de Análisis	Isotópico O^{18} y D		Subcuenca	Intercuenca 1375539
			Radioactivo		Microcuenca	

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Intrusivo	
Volcánico	
Metamórfico	
Sedimentario	
Dep. Superficial	X

Descripción Litológica:
Alrededores de la laguna se encuentran sedimentos de color amarillo

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal: l/s

Uso: Ecosistema

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	24.0	°C
T° Ambiente	26.7	°C
pH	8.68	
ORP	159.7	mV
CE	5.175	mS/cm
CE		µS/cm
TDS		mg/l
TDS	2.56	ppt
Salinidad	2.848	PSU
Resistividad	192.8	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO	13.38	mg/l
OD	195.5	%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología:
Planicie costera

Pendiente del terreno		
Muy baja	(<10°)	X
Baja	(10-20°)	
Media	(20-40°)	
Fuerte	(40-60°)	
Media	(> 60°)	

GRADO DE FRACTURAMIENTO

Bajo	Medio	Alto

ESTRATIFICACIÓN

Rumbo y Buzamiento

_____

_____

OTROS PARÁMETROS

Color	Amarillento	
Olor	Inodoro	
Turbidez		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

El agua de la Lag. Marvilla no tiene salida al mar visible, la laguna se encuentra aproximadamente a unos 40 m del límite del mar, separada por una terraza marina. Esta laguna alberga especies de aves como el cormoran, rayadores, ostiero, americano, gaviota peruana, gaviota americana, gaviota franklin (entre las octubre a marzo) aves migratorias como las parihuanas, garzas blancas, garza corona amarilla, pollas de agua, pato alabanco y pato colorado.
Rmv=-38.8 mV

Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	**FORMATO**	Código: DGAR-F-141 Versión: 01 Fecha de aprob : Página: 11 de 11
	FICHA DE CAMPO PARA INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA	

Proyecto	Nombre de la fuente	Código	Fecha	Hora	Monitoreo
ACT1	Mar	1375539-016	30-01-18	17:18	

Coordenadas UTM		Responsables	Fuente certificada
8647888	2835131E	J. Moreno & M. Charca	

Altitud	WGS 84	Zona	Localidad/lugar
12	X	18S	Chorrillos - Lima - Lima

Tipo de Fuente				Vertiente Hidrográfica	Pacífico
Punto de control	***Parámetros Físico - Químicos***	x		Cuenca o Intercuenca Hidrográfica	Intercuenca 1375539
N.P.	***Tipo de Análisis***	Químico	x	Subcuenca	Intercuenca 1375539
		Isotópico O^{18} y D		Microcuenca	
		Radioactivo			

ASPECTOS GEOLÓGICOS

		Descripción Litológica:
Intrusivo		Depósito eólico de arena de grano fino
Volcánico		
Metamórfico		
Sedimentario		
Dep. Superficial	X	

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Caudal ____ l/s

Uso: Balneológico

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO

T° Agua	23.4	°C
T° Ambiente	22.7	°C
pH	8.3	
ORP	60.1	mV
CE	52.51	mS/cm
CE		µS/cm
TDS	25.73	mg/l
TDS		ppt
Salinidad	34.48	PSU
Resistividad	19.04	ohm/cm
Resistividad		Kohm/cm
RDO		mg/l
OD		%Sat

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Morfología: Litoral

Pendiente del terreno

Muy baja	(<10°)	X
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		NTU
Alcalinidad ($CaCO_3$)		mg/l

UBICACIÓN

CROQUIS DE UBICACIÓN

OBSERVACIONES

Rmv = -138.3