ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Valdivia.

TESINA DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MINAS.

Presentada por:

Juan Carlos Rojas Fajardo

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO.

Agradezco de manera especial a Dios por darme las facultades necesarias para estudiar y desarrollar este proyecto.

A mi directora de Tesina por su paciencia y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A mis compañeros y maestros que colaboraron en mi formación.

A mi familia y en especial a mis Padres por ser la luz que guía mi camino y mi ejemplo a seguir.

A mi tía que fue uno de los pilares en los inicios de mi formación universitaria.

DEDICATORIA.

A DIOS.

A MI FAMILIA.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.

X

Ing. Gaston Proaño
SUBDECANO DE LA FICT

X

Dr. Paola Romero
DIRECTORA DE TESIS

X

Ing. Gaston Proaño
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA.

"La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

X

JUAN CARLOS ROJAS FAJARDO

RESUMEN.

Este proyecto de investigación pretende complementar los estudios hidrogeológicos que se han venido desarrollando en la Península de Santa Elena, con el principal objetivo de plantear soluciones prácticas y viables para solucionar el constante problema de desabastecimiento de agua en las poblaciones rurales de esta provincia.

Este estudio comprende la caracterización hidrogeológica de la cuenca del río Valdivia. Utilizando parte de los datos de una campaña de prospección geoeléctrica realizada en la Península de Santa Elena y correlacionándolos con la información topográfica, geológica y estratigráfica, con el fin de obtener un mejor modelo conceptual del acuífero existente en esta cuenca, conocimiento imprescindible para el aprovechamiento óptimo de las aguas subterráneas.

Se realizaron 6 sondeos eléctricos verticales (SEV), con los cuales se pudo determinar la existencia de dos unidades hidrogeológicas en la cuenca, una unidad superior permeable y una inferior impermeable, agregado a esto se realizaron varios análisis físico-químicos de algunas muestras de agua en el sector, con lo cual se pudo determinar de mejor manera la distribución en cuanto a la calidad de agua y la optimización del recurso según sus usos.

Además de la caracterización geoeléctrica realizada se analizó la variación en el tiempo de los registros de conductividad eléctrica y temperatura, denotando que el fenómeno natural de intrusión marina había alterado el agua del acuífero en las partes más bajas de este, salinizando el agua y volviéndola salobre, lo que limita en parte su consumo y la actividad agrícola en ciertos sectores.

ÍNDICE GENERAL.

Pág.

RESUMEN……..VI

ÍNDICE GENERAL……VII

ABREVIATURAS…….X

ÍNDICE DE FOTOS……XI

ÍNDICE DE FIGURAS……...XII

ÍNDICE DE TABLAS……...XIV

ÍNDICE DE MAPAS……XVI

INTRODUCCIÓN…….1

CAPÍTULO I.

I. ANTECEDENTES…….3

1.1. Planteamiento del problema…….4

1.2. Área de estudio……..6

1.3. Estudios anteriores……8

1.4. Descripción general de la metodología a aplicarse para el estudio…….10

1.5. Objetivos……11

CAPÍTULO II.

II. INFORMACIÓN……13

2.1. Situación geográfica……...……14

2.2. Geomorfología……..15

2.3. Red Hidrográfica……..16

2.4. Geología……....19

2.5. Investigación Climatológica……25

2.5.1. Precipitación…….26

2.5.2. Temperatura……27

2.5.3. Evapotranspiración……30

2.5.4. Humedad……..32

CAPÍTULO III.

III. INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA……...……35

3.1. Inventario de Pozos…….....36

3.2. Límites y Geometría del Acuífero……..38

3.3. Unidades Hidrogeológicas……..42

3.3.1. Campañas de Prospección Geoeléctrica (SEV) en la Cuenca del Río Valdivia……...…42

3.3.2. Procesamiento de Datos de Sondeos Eléctricos Verticales……....45

3.3.3. Interpretación de Datos de Sondeos Eléctricos Verticales..……....46

3.4. Determinación de la Superficie Piezométrica……49

3.4.1. Dirección del Flujo……..49

3.4.2. Potencial del Acuífero……54

3.4.3. Recarga del Acuífero……54

3.5. Perfiles CE y Temperatura……59

3.6. Calidad de Agua……..64

CAPÍTULO IV.

IV. USOS POTENCIALES DEL AGUA EN LA ZONA……..……71

4.1. Agricultura…….……72

4.2. Usos pecuarios, Avícolas y Camaroneros…….…..…74

4.3. Reforestación…….……..74

4.4. Abastecimiento de agua potable…….…..75

CAPÍTULO V.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….…78

5.1. Conclusiones…….……..79

5.2. Recomendaciones…….…….81

CAPÍTULO VI.

VI. BIBLIOGRAFÍA…….…….…….84

CAPÍTULO VII

VII. ANEXOS…….…….…….87

7.1. Columnas Geoeléctricas en Carrizal y El Suspiro……....88

7.2. Fotos…….…….…….95

7.3. Informes de aptitud de agua para consumo y riego realizados
con el software INAQUAS…….…….98

ABREVIATURAS.

°C	Grados centígrados.
CA	Corriente alterna.
CC	Corriente continua.
ΔV	Variación de voltaje.
HP	Caballos de fuerza.
K	Permeabilidad.
l/s	Litros por segundos.
m^2/día	Metros cuadrados por día.
m^3/día	Metros cúbicos por día.
m	Metros.
mm	Milímetros.
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar.
Ωm	Ohmios Metros.
S	Sondeo.
SEV	Sondeo eléctricos vertical.
T	Transmisividad.
Q	Caudal.
CE	Conductividad Eléctrica.
ρ_a	Resistividad aparente.
PSE.	Península De Santa Elena.

ÍNDICE DE FOTOS

Pág.

Foto1. Inventario de Pozos…….……..35

Foto2. Pozo Comuna El Suspiro…….……36

Foto 3. Depósitos aluviales del Río la Guaca y Calizas de la Formación Socorro depositadas en el lecho del río…….……95

Foto 4. Agujeros en Calizas de la Formación Socorro debido a la disolución por acción del agua…….…….……..96

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1. Ubicación del área de estudio…….……6

Figura 1.2. Ubicación del área de estudio, Cuenca del Río Valdivia……..7

Figura 2.1. Ubicación general de la zona de estudio……..14

Figura 2.2. Ubicación a detalle y Límites de la zona de estudio……14

Figura 2.3. Cuencas hidrográficas de la Península de Santa Elena (PSE)……18

Figura 2.4. Relaciones estratigráficas del grupo Ancón…….……..23

Figura 2.5. Tipos y distribución de los climas en el Ecuador…….25

Figura 2.6. Precipitación promedio mensual…….……26

Figura 2.7. Precipitación, evapotranspiración y escorrentía promedio anual….32

Figura 2.8. Humedad relativa promedio mensual……33

Figura 3.1. Resistivímetro TERRAMETER SAS 1000…….……43

Figura 3.2. Procesamiento de SEV C1, utilizando WINSEV 6.1……45

Figura 3.3. Perfil de interpretación geoeléctrica A-A’……..……...48

Figura 3.4. Dirección del flujo de agua subterránea, tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009……..……50

Figura 3.5. Perfil hidrogeológico C-C’..…….……..52

Figura 3.6. Perfil hidrogeológico B-B’…….…….……...53

Figura 3.7. Nivel piezométrico vs Tiempo P1…….……56

Figura 3.8. Nivel piezométrico vs Tiempo P2…….……56

Figura 3.9. Nivel piezométrico vs Tiempo P6…….……57

Figura 3.10. Nivel piezométrico vs Tiempo P9…….……..58

Figura 3.11. Nivel piezométrico vs Tiempo P11…….……58

Figura 3.12. Perfiles CE Vs Tiempo P1, P2, P6, P9. Tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009..….……60

Figura 3.13. Perfiles CE Vs Tiempo, tomando valores promedios del periodo de Sep-08 a Dic-09.…….……..61

Figura 3.14. Perfil CE vs Profundidad, realizado con valores medidos en el mes de diciembre de 2008……..…….……...62

Figura 3.15. Perfil Temperatura vs Profundidad, realizado con valores medidos en el mes de diciembre de 2008…….……63

Figura 3.16. Clasificación de las aguas para riego en la zona de estudio….…….……65

Figura 3.17. Diagrama de Piper para clasificación de agua por sus aniones o cationes…….……..…….……68

Figura 3.18. Diagrama de Piper para las muestras de agua de la zona de estudio..…….……..…….……69

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Ubicación geográfica con coordenadas UTM……15

Tabla 2. Alturas sobre el nivel del mar de las poblaciones……16

Tabla 3. Cuencas pluviométricas que se forman en la cordillera Chongón-Colonche……17

Tabla 4. Cálculo de la evapotranspiración real……30

Tabla 5. Tabulación de Pozos Inventariados, tomando valores promedio en el periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009……36

Tabla 6. Relación estratigráfica entre formaciones de la PSE y cuenca Progreso……..39

Tabla 7. Áreas del alto potencial acuífero……40

Tabla 8. Áreas de Mediano-Alto Potencial Acuífero……...40

Tabla 9. Coordenadas de los SEV realizados……43

Tabla 10. Tabla de resultados de los SEV……46

Tabla 11. Datos de Piezometría Pozo1……..55

Tabla 12. Datos de Piezometría Pozo2……..56

Tabla 13. Datos de Piezometría Pozo6……..57

Tabla 14. Datos de Piezometría Pozo9……..57

Tabla 15. Datos de Piezometría Pozo11……58

Tabla 16. Datos de CE, tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009……60

Tabla 17. Datos de CE, tomando valores promedio del periodo de Septiembre de 2008 a Diciembre de 2009…….……...61

Tabla 18. Análisis de agua en el área de estudio…….64

Tabla 19. Clasificación de las aguas según las normas RIVERSIDE……...…66

Tablas 20. Informe de aptitud de agua para consumo, muestra Loma Alta 1 …….……...….76

Tablas 21. Informe de aptitud de agua para consumo, muestra Carrizal 3 …….……...….76

Tabla 22. Balance Hídrico del acuífero de la cuenca del río Valdivia……..80

ÍNDICE DE MAPAS

Pág.

Mapa 1. Mapa Geológico de la Cuenca Hidrográfica Valdivia……...24

Mapa 2. Mapa de precipitaciones…….……...28

Mapa 3. Mapa de temperaturas…….……..29

Mapa 4. Ubicación de pozos inventariados…….……..37

Mapa 5. Ubicación de áreas con potencial acuífero……41

Mapa 6. Ubicación de los SEV en el área de estudio……..44

Mapa 7. Ubicación del corte para la realización del perfil A-A'……..47

Mapa 8. Superficie piezométrica del área de estudio, tomando valores promedio para el periodo Agosto de 2008 a Diciembre de 2009……..51

Mapa 9. Concentración de la CE en el área de estudio, tomando valores promedio para el periodo Agosto de 2008 a Diciembre de 2009……..73

INTRODUCCIÓN.

El agua subterránea constituye hoy en día la principal fuente de consumo para algunas ciudades y pueblos del mundo, tanto por sus características físico-químicas, como por la contaminación y agotamiento de las principales fuentes de agua superficiales.

El agua subterránea constituye la segunda fuente de agua dulce, solo superada por las masas de hielo, a pesar de esto es un recurso no renovable y su sobreexplotación puede ocasionar que nunca se regeneren los acuíferos que la contienen. Es por tal motivo que este proyecto pretende realizar el monitoreo y caracterización del acuífero de la cuenca hidrográfica Valdivia, con la finalidad de garantizar una explotación sostenible del recurso agua.

El área de estudio se encuentra en La Región Costa del Ecuador, específicamente en la Provincia de Santa Elena que tiene un clima tropical árido a semiárido. Las temperaturas medias anuales son de aproximadamente 24 ºC. Las precipitaciones anuales varían entre 300 a 350 mm, con periodos lluviosos relacionados con la Corriente Cálida de “El Niño”, que se extiende desde diciembre o enero, hasta abril o mayo, alternando con periodos secos con una marcada influencia de la corriente Fría de Humboldt que abarca el resto del año, periodo caracterizado por fuertes vientos y bajas temperaturas.

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una caracterización hidrogeológica del acuífero de la cuenca del río Valdivia, para dimensionarlo, analizar la calidad del agua y plantear recomendaciones para gestionar su explotación controlada, identificando los sitios con importantes potencialidades acuíferas para la construcción de pozos.

La investigación se basa principalmente en el análisis de los resultados obtenidos de una campaña de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), precedida y correlacionada con análisis de información hidrogeológica, geológica y topográfica, además de análisis físico-químicos realizados en muestras aleatorias de aguas subterráneas para determinar la calidad del agua.

La importancia de este proyecto radica en contribuir al conocimiento de la conservación y manejo sostenible en la explotación del agua subterránea, para proporcionar información hidrogeológica que garantice el abastecimiento de agua en zonas rurales.

CAPÍTULO I.

I. ANTECEDENTES.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El clima de la Península de Santa Elena se caracteriza por ser de tipo semiárido con vegetación de desierto tropical, esto se ha mantenido durante los últimos años, debido a la excesiva deforestación de la zona, ocurrida durante el periodo de intensa explotación petrolera. Como resultado las zonas que solían ser bosque tropical seco, hoy en día son zonas con una razón de desertización alta, donde las precipitaciones son menores que la evapotranspiración, provocando la sequia de ríos y por consiguiente generando un déficit en cuanto al abastecimiento de agua dulce.

A pesar de que en estos últimos años, se han venido desarrollando programas para el mejoramiento del abastecimiento de agua potable en la Provincia de Santa Elena, estos programas tan solo llegan en su mayoría, a los principales cantones de esta provincia; Santa Elena, Salinas, La Libertad. Quedando en gran parte sin cobertura algunas comunas, principalmente los sectores rurales ocasionando escases del líquido vital. Además el precio del agua potable distribuido por Aguapen es considerablemente más elevado que en otras ciudades del país, lo cual no permite su uso para el desarrollo agropecuario.

El consumo medio de agua potable de los pobladores en la península es de 0 a 8 m^3 por mes, el cual corresponde a la tarifa mínima.

<u>Tarifa mínima en la Península de Santa Elena</u>

$1m^3$ → $0.35

<u>Tarifa mínima en Guayaquil</u>

$1m^3$ → $0.28

Debido a su situación geográfica, y a la sobreexplotación de los acuíferos, la Península de Santa Elena presenta un fenómeno recurrente, este es la intrusión marina la cual genera un incremento en la salinidad del agua volviéndola en algunos casos no apta para el consumo humano o para el uso en algunas actividades. Es por tal motivo que este proyecto a más de caracterizar el acuífero, servirá para determinar los usos más idóneos en función de la calidad fisicoquímica del agua, con la finalidad de desarrollar sistemas sostenibles de abastecimiento de agua dulce más económicos.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO.

El presente trabajo se realizó en la cuenca del río Valdivia la cual se encuentra ubicada al Noroeste de la Provincia de Santa Elena; pertenece a la parroquia de Manglaralto, Cantón Santa Elena. Sus Límites son al Norte con la comuna de Libertador Bolívar, al Sur con la comuna San Pedro, al Oeste por el Océano Pacífico y al Este por la comuna de Sinchal, posee una extensión territorial de 195 km^2.

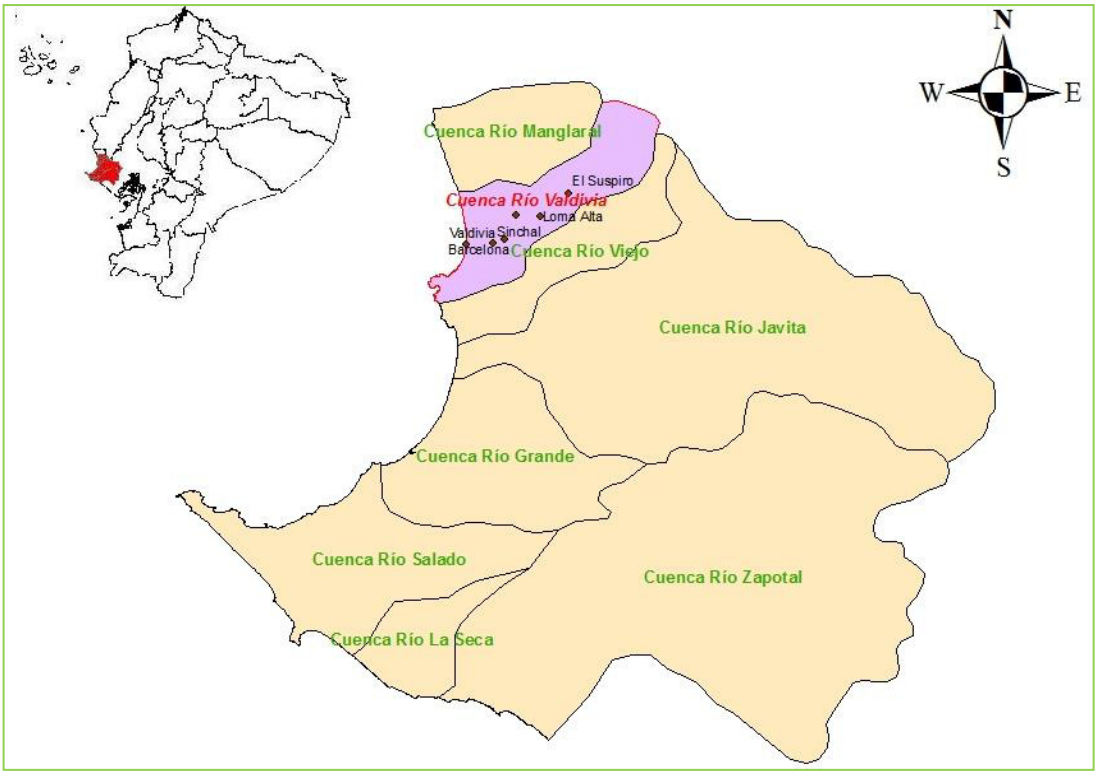


Figura 1.1 Ubicación del área de estudio.

Los datos obtenidos dentro de las campañas de campo, siguieron una ruta trazada a lo largo de la cuenca del rio Valdivia, y que comprendían una serie de pozos, en los sectores Sinchal-Barcelona, Carrizal, Loma Alta, además de los datos obtenidos, se realizó análisis de datos de prospección geofísica, inventarios de pozos, niveles de agua, perfiles de conductividad eléctrica y temperatura, análisis químico del agua, y demás datos que complementan el mejor conocimiento de la zona en referencia al agua subterránea.

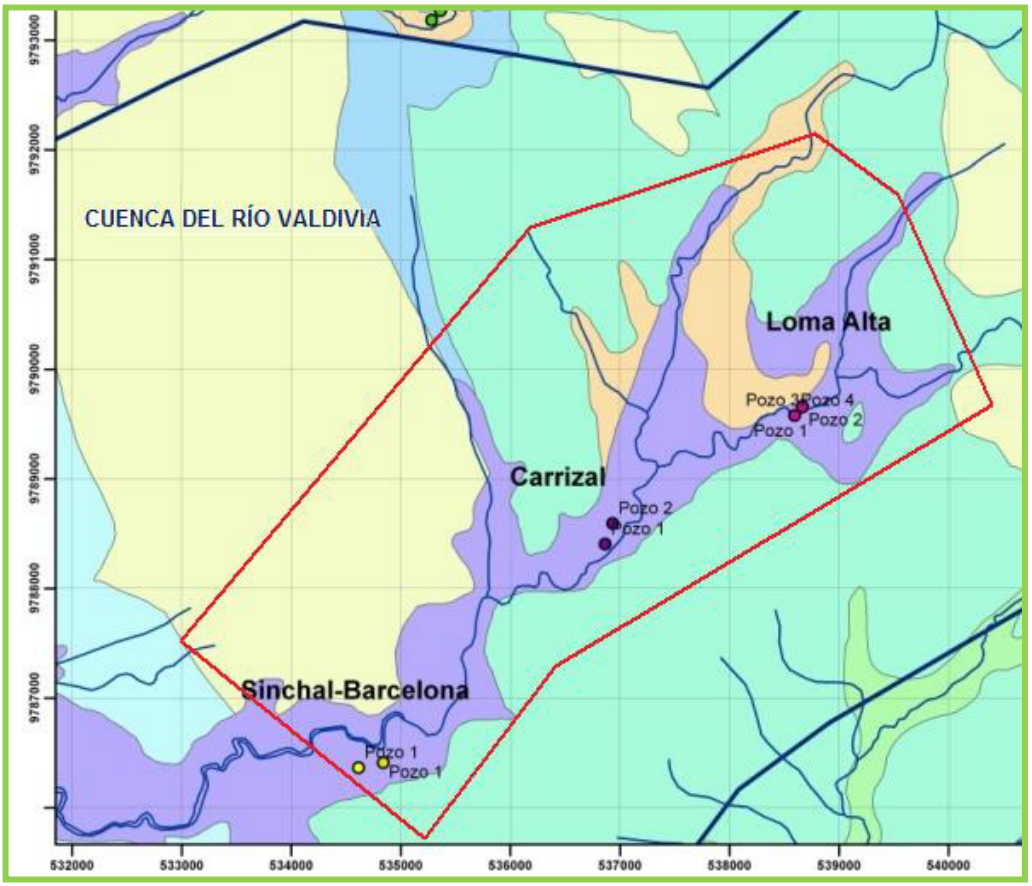


Figura 1.2 Ubicación del área de estudio, Cuenca del Río Valdivia.
(Fuente: Proyecto ECU/8026 OIEA-ESPOL).

1.3. ESTUDIOS ANTERIORES

Entre los estudios realizados anteriormente, y utilizados como sustento para esta investigación tenemos:

- Proyecto ECU/8/026, OIEA-ESPOL, Caracterización de Acuíferos Costeros de la Península de Santa Elena, por la ESPOL.

- Proyecto RLA/8/041, OIEA-ESPOL, Caracterización Isotópica de los Acuíferos Costeros.

- Proyecto SENACYT, PIC-221, Exploración y Elaboración de un Inventario de Acuíferos Subterráneos en la Península de Santa Elena mediante utilización de Métodos Eléctricos y Reinterpretación de Digrafías del Campo Ancón. Este estudio se basa principalmente en la integración y análisis de la información hidrogeológica, geológica, topográfica y campañas de sondeos eléctricos verticales (SEV) realizados en la zona de influencia del proyecto.

- “Estudio Geoeléctricos y planeamiento de explotación de aguas subterráneas en el sector de Santa Elena, Atahualpa, Ancón y Pechiche” el cual fue dirigido por el Dr. Paúl Carrión Mero y realizado por la Dra. Paola Romero Crespo.

- “Elaboración de un Plan de Explotación de Aguas Subterráneas en una Zona de la Península d Santa Elena, mediante la Interpretación de Métodos

Resistivo” el cual fue dirigido por el Dr. Byron Fun-Sang y realizado por la Ing. Samantha Jiménez Oyola

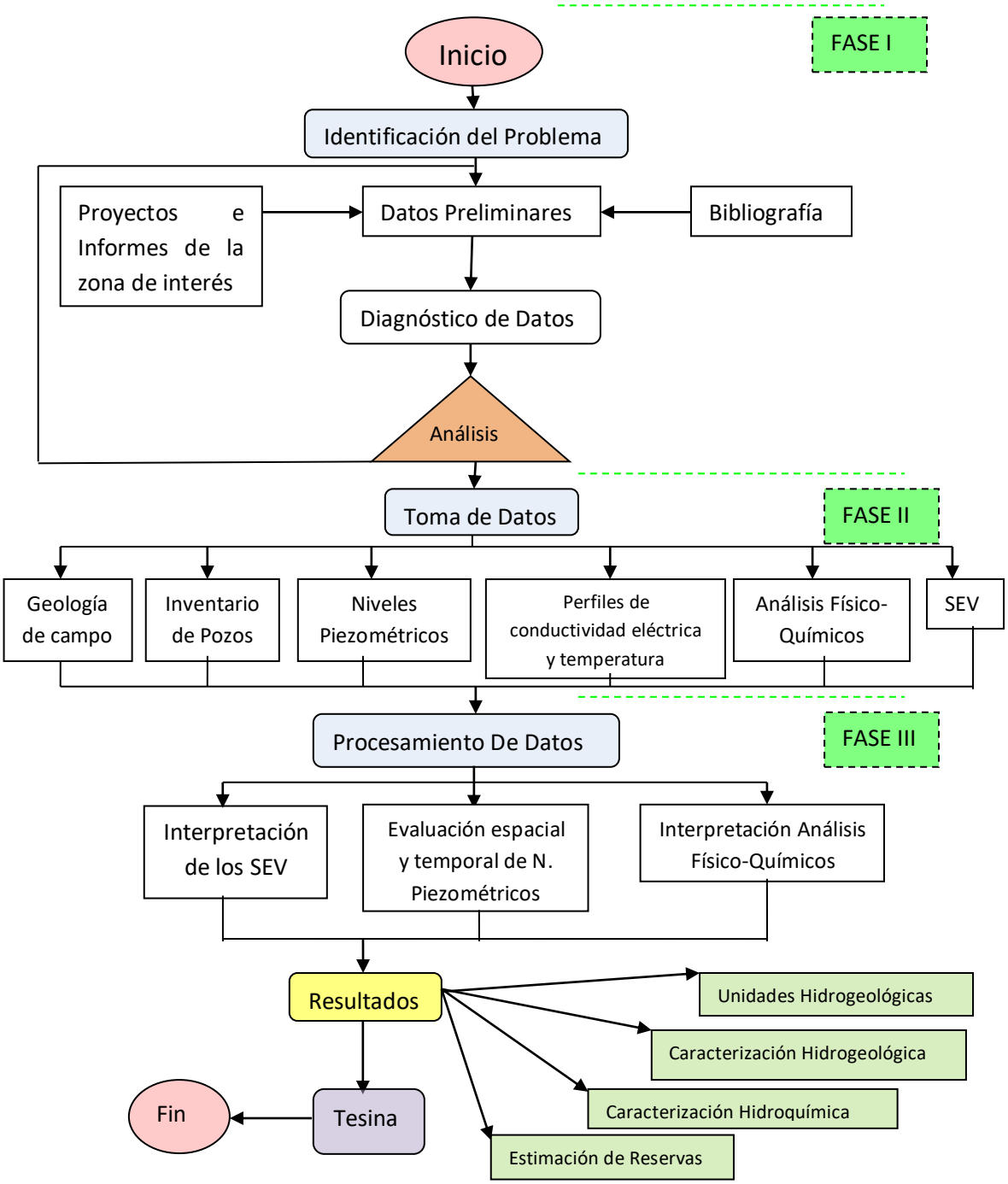
- Geología del Ecuador, realizada en 2003, por el Ing. Eugenio Núñez del Arco Ms. C., este libro da conocimientos de las principales características geomorfológicas, tectónicas y estratigráficas del Ecuador.

- Evaluación de los Recurso de Agua del Ecuador realizado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América-Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Tipográfica, publicado en septiembre de 1998.

- Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Ecuador realizado en Febrero 15 del 2000 por Remigio H. Galárraga Sánchez. Este informe consta de una recopilación y comparación de información de diversos organismos que han realizado estudios sobre el agua en el Ecuador.

- Instituto Geográfico Militar (IGM), la información recibida son las hojas topográficas del sector.

1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA A APLICARSE EN EL ESTUDIO.



1. Recopilación y análisis de Información (Fase I): Comprende la Investigación bibliográfica, consulta de estudios anteriores y actuales, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, meteorológicos, prospecciones geoeléctricas, etc.

2. Trabajos de Campo (Fase II): Se realizaron campañas mensuales de medición de niveles piezométricos, conductividad Eléctrica y temperatura. Además de esto se realizaron SEV y análisis fisicoquímicos del agua.

3. Interpretación y resultados (Fase III): Comprende la interpretación de los datos obtenidos en el campo, y su procesamiento mediante la aplicación de software de interpretación hidrogeológica, localización, características y geometría del acuífero subterráneo, estimación de reservas y recomendaciones en la explotación racional del acuífero.

1.5. OBJETIVOS.

El objetivo general es caracterizar hidrogeológicamente la cuenca del río Valdivia, correlacionando datos geológicos, geoeléctricos, niveles piezométricos, análisis físico-químicos de aguas, y proponer recomendaciones en la explotación sostenible del agua subterránea.

- Caracterizar unidades geoeléctricas del acuífero de la cuenca hidrográfica Valdivia.

- Correlacionar información geológica, hidrogeológica y geofísica en el área de la cuenca hidrográfica Valdivia

- Delimitar el acuífero, indicando: ubicación, geometría y sus reservas.

- Orientar sobre el manejo responsable del agua subterránea en las diferentes actividades económicas que se desarrollen en el sector.

- Ser un aporte para el desarrollo de la Península de Santa Elena y para los futuros trabajos que se realicen en la cuenca del río Valdivia.

CAPÍTULO II.

II. INFORMACIÓN.

2.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

El área comprendida en éste estudio, se encuentra localizada en la Provincia de Santa Elena, en el sector de la Comuna Valdivia perteneciente a la Parroquia Manglaralto. Los límites de la comuna Valdivia, tal como se aprecia en la figura 2.1. Son los siguientes:

Norte: Comuna Simón Bolívar
Sur: Comuna San Pedro
Este: Comuna Sinchal
Oeste: Océano Pacífico

Figura 2.1. Ubicación general de la zona de estudio
(Fuente: www.rutadelsol.com.ec).

Figura 2.2. Ubicación a detalle y Límites de la zona de estudio
(Fuente: www.rutadelsol.com.ec).

El área de estudio abarca un recorrido por los pozos a lo largo de la cuenca del Río Valdivia, atravesando las comunas Sinchal, Barcelona, Carrizal y Loma Alta, las coordenadas de las comunas son las siguientes:

Poblaciones	Coordenadas UTM
Valdivia	530.750/9'786.000
Sinchal	533.700/9'786.750
Barcelona	535.000/9'777.000
Loma Alta	538.850/9'789.750

Tabla 1. Ubicación geográfica con coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) (Fuente: Cartas topográficas de: Manglaralto (I-DMA/J721) del instituto Geográfico Militar (IGM).)

2.2. GEOMORFOLOGÍA.

En general la zona de estudio geomorfológicamente hablando corresponde a una meseta costera, con bajos relieves y alturas no mayores a los 100 m.s.n.m.

Geomorfología de la zona de mayor interés.

Desde la comuna Valdivia hasta Barcelona, geomorfológicamente es una terraza fluvial de topografía casi plana, con una ligera disección. Mientras que en el camino a Loma Alta, se puede encontrar mesetas ligeramente onduladas, la siguiente tabla muestra la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentran las comunas implicadas en el proyecto:

Poblaciones	ALTURA (msnm)
Valdivia	5
Sinchal	10
Barcelona	15
Loma Alta	64

Tabla 2. Alturas sobre el nivel del mar de las poblaciones.
(Fuente: Cartas topográficas de: Manglaralto (I-DMA/J721) del instituto Geográfico Militar (IGM).)

La conformación actual de la cuenca de drenaje del río Valdivia muestra los efectos de la erosión y acumulación de sedimentos así como la influencia del tectonismo antes del cuaternario.

2.3. RED HIDROGRÁFICA.

La cordillera Chongón-Colonche separa el sistema hidrográfico de la Península de Santa Elena de la cuenca del río Guayas en general y específicamente de la sub-cuenca del Daule. La divisoria principal parte de Guayaquil, alejada de la costa, y se aproxima a ella a medida que se dirige hacia el noroeste, hasta llegar al límite de la provincia de Manabí, donde la cordillera Chongón-Colonche se hace casi costera.

El sistema hidrográfico de la Península comprende los ríos que nacen en la referida cordillera Chongón-Colonche, se dirigen hacia el oeste o hacia el sur, teniendo el curso más largo y de mayor caudal, y los del oeste que fluyen desde las elevaciones costeras, tales como los cerros de Saya, Chanduy, Estancia, etc., que tienen recorrido relativamente corto. (Proyecto SICA, Banco Mundial).

A continuación se describen las características del sistema fluvial, agrupando los cursos de agua de acuerdo con la diferenciación antes establecida y utilizando, para definir su régimen de escorrentía, los siguientes conceptos:

Régimen Permanente: Escurrimiento durante todo el año, excepto en los años extremadamente secos.

Régimen Intermitente: Escurrimiento en temporada de lluvias.

Régimen Efímero: Ríos que permanecen secos y escurren gracias a una tormenta localizada en su cuenca

a) Ríos que nacen en la cordillera de Chongón-Colonche:

Cuenca	Área (km^2)	Área (%)	P.S.E (%)	Régimen
Olón	53.29	1.4	0.9	Permanente
Manglaralto	65.98	1.7	1.1	Permanente
Atravesado	81.88	2.1	1.4	Permanente
Valdivia	137.52	3.5	2.3	Permanente
Grande	161.29	4.1	2.7	Intermitente
Javita	800.00	20.6	13.3	Intermitente
Zapotal	1050.80	27.1	17.4	Intermitente
Grande	631.42	16.2	10.4	Intermitente
Chongón	588.00	16.1	9.7	Intermitente
N° 20	517.61	8.2	5.2	Permanente
Total	**3887.79**	**100%**	**64%**	

Tabla.3. Cuencas pluviométricas que se forman en la cordillera Chongón-Colonche. (Fuente: Servicio de Información y Censo Agropecuario, Agronegocios.)

P.S.E. (%) Es el porcentaje que representa un rio con respecto a todos los que componen el sistema hidrográfico de la Península de Santa Elena.

Figura 2.3. Cuencas hidrográficas de la Península de Santa Elena (PSE).
(Fuente: Informe Evaluación hidrogeológica Preliminar de la PSE. (OIEA), 2007).

En la zona de estudio de la cuenca hidrográfica se encuentran los ríos Valdivia y el California.

La cuenca del río Valdivia forma parte de la zona norte de la P.S.E. Dentro de esta cuenca se han incluido los pequeños esteros que existen desde San Pedro, Ayangue, al río Grande. El río Valdivia nace de los cerros Sombrero, Guachineas y La Torre, con el nombre de California y fluye de norte a sur en su parte alta, para luego hacerlo de este a oeste, siguiendo un valle estrecho hasta su desembocadura. El río tiene un recorrido aproximado de 28 Km. de los cuales los primeros 8 Km. tienen dirección norte a sur para luego torcer al oeste, la pendiente es sumamente fuerte y corre encerrado entre montañas en su parte alta. No tiene valles grandes y las pequeñas zonas planas se encuentran

después de Loma Alta. El río corre ciñéndose por la margen izquierda a la montaña dejando los pequeños valles en la margen derecha. Es un río permanente, con escurrimientos mayores en la época de lluvias de Enero a Mayo; desde Julio a Noviembre se presentan "garúas" que hacen que el río permanezca con un caudal no despreciable. Su pendiente y la forma de la cuenca hacen que el drenaje de la misma sea rápido. (Estudio Agroindustrial y Exportador de la Península de Santa Elena y de los Recursos Necesarios para su Implantación)

2.4. GEOLOGÍA.

En la zona de estudio pueden apreciarse las siguientes formaciones geológicas:

- Formación Socorro G. Ancón. E3S.
- Formación Socorro, Clay Pebble Beds. E3DF.
- Formación Tosagua M1-2.
- Formación Tablazo, QT.
- Formación San Pablo. E23SP.
- Depósitos Aluviales. QA1.
- Depósitos Aluviales. QA2.

Siendo predominante la formación Socorro, perteneciente al grupo Ancón. Ver ***Mapa 1.***

Grupo Ancón. (E3S)

El Grupo Ancón ha sido definido por los geólogos del I.E.P.C. (International Ecuadorian Petroleum Company) (Smith y Williams, 1947), toma su nombre del Campo Petrolero de Ancón, aflora a lo largo de los acantilados de Ancón desde Punta Ancón al Noroeste hasta Punta Mambra al Sur Este. La edad data de Eoceno Medio Y Superior.

El grupo Ancón representa dos unidades estratigráficas: La formación Socorro, que es la más antigua, y la formación Seca. (Núñez, 2003)

Formación Socorro.

Ocurre en la zona de Ancón, en la península de Santa Elena. Está integrada por dos miembros: El miembro Clay Pebble Bed, que es el más antiguo y el miembro Socorro. La edad es de Eoceno medio a Superior.

Miembro Clay Pebble Bed (E3DF): Es una unidad definida por (Brown y Baldry, 1925), se presenta como una masa desorganizada de lutitas verde- gris y areniscas en bancos rotos, con bloques de areniscas, lutitas, cherts y calizas. Localmente se observa una serie estratificada, siendo más frecuente presenciar un conjunto caótico de bloques de clastos aislados en una matriz lutácea, su espesor varia de 0 a 750 m (Bristow y Hoftstetter, 1977). Su edad es Eoceno Medio.

Miembro Socorro (E3S): Es la unidad superior de la formación Socorro, emplazada en contacto fallado, con el adyacente miembro Clay Pebble Bed. Se caracteriza por la presencia común de deformaciones sin-genéticas, debido a deslizamientos y fallas.

Estratigráficamente es un flysch compuesto de capas delgadas de areniscas finas con secuencias turbidíticas A, B y C, alternantes con lutitas de color gris verde. Su espesor se estima en 700 metros. Se ha datado con una edad de Eoceno Medio a Superior. (Nuñez, 2003)

Formación Tosagua. (M1-2)

Abarca un ciclo de sedimentación que comprende tres miembro, de abajo hacia arriba: Zapotal (Solamente en la Cuenca de Progreso), Dos Bocas y VIllingota. Aflora ampliamente en Manabí, en la zona del anticlinal de Tosagua, entre los cerros Montecristi – Hojas y en la zona de Jaramijó; al Oeste de Manta y también al Sur de Jipijapa. En la Provincia de Esmeraldas la formación está representada con un cambio ligero de litología por la F. Viche. En la Provincia de Guayas aflora al Oeste de la Cuenca Progreso y más al Norte en la zona Valdivia – Manglaralto. Consiste de lutitas grises que se meteorizan con color chocolate y contienen una fauna nerítica bien preservada. Argumentos paleontológicos señalan una edad Oligocénica. (Stainfoth, 1948).

Formación Tablazo. (QT)

Nombre aplicado a las terrazas marinas del Perú, usado por extensión en el Ecuador (Tschopp, 1948). Se reconocen 3 tablazos en la Costa, en las Provincias de Guayas y Manabí. Hay caracteres paleontológicos en los 3 pero no están completamente descritos.

La Formación Tablazo está constituida por areniscas calcarenitas bioclásticas, conglomerados y en muy baja proporción limos y arcillas. En general estos materiales que suelen tener abundante fauna de moluscos, estan pobremente cementados y presentan escasa consistencia, excepto los bancos lumaquélicos calcáreos. Los espesores medios más frecuentes no suelen pasar de los 20-30 m. (Bristow y Hoffstetter, 1977). Su edad geológica va desde el Pleistoceno inferior al Pleistoceno Superior.

Formación San Pablo. (E23SP)

Corresponde a al Tablazo Medio, contiene fósiles que sugieren unas facies algo salobres. (Bristow y Hoffstetter, 1977). Se ha datado con una edad de Pleistoceno Medio.

Depósitos Aluviales. (QA1, QA2)

Representan los depósitos fluviales recientes, emplazados en los bordes de los ríos, constituidos principalmente por conglomerados, arenas, limos y arcillas, y localizados en los ríos de la PSE. Se configuran generalmente en conglomerados en la zona de acreción lateral, limos – arenosos en la zona de acreción vertical y generalmente limos-arcillas en la llanura de inundación, todos ellos productos del transporte de los ríos desde las zonas de aporte y que con su acumulación han dado lugar a la formación de terrazas aluviales, causes y meandros abandonados.

En la zona de estudio los depósitos aluviales están presentes en todos los causes de los drenajes, el río Valdivia tiene en su cabecera un cerro de 200 m en la Formación Zapotal. Por otro lado, este río tiene reservas considerables en su cauce medio y, además, en su recorrido erosionan formaciones arenosas del Grupo Ancón. Su edad geológica va desde el Holoceno hasta la actualidad.

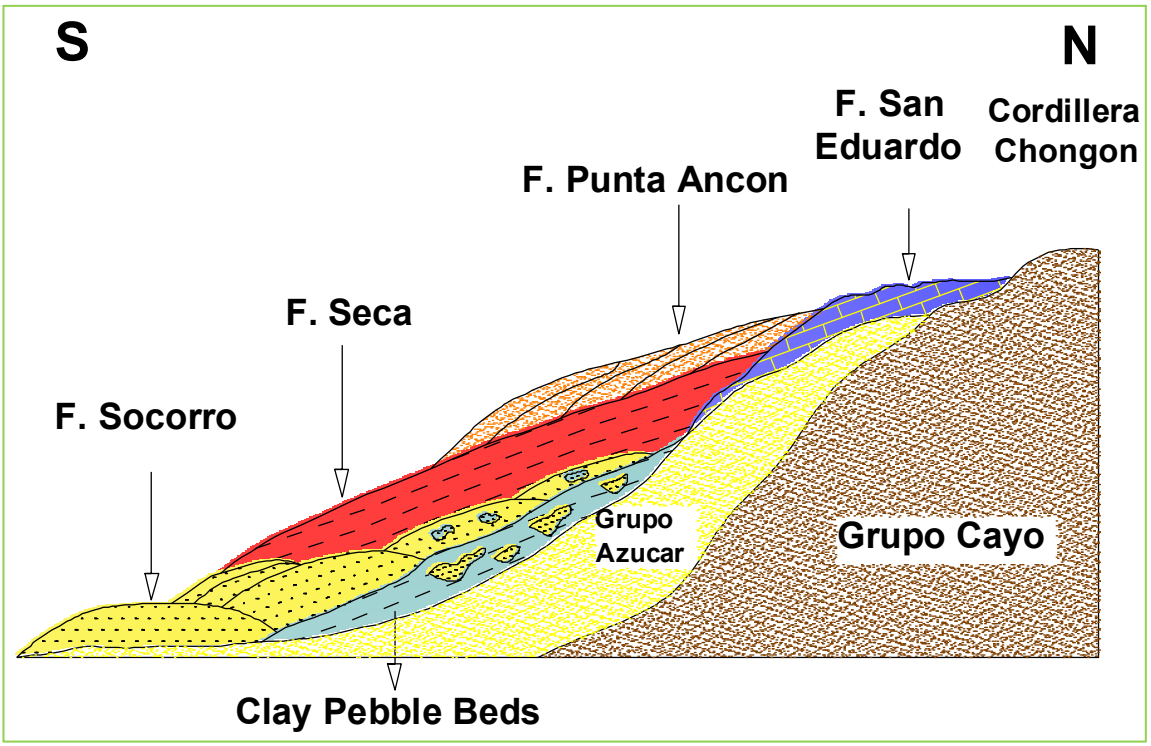
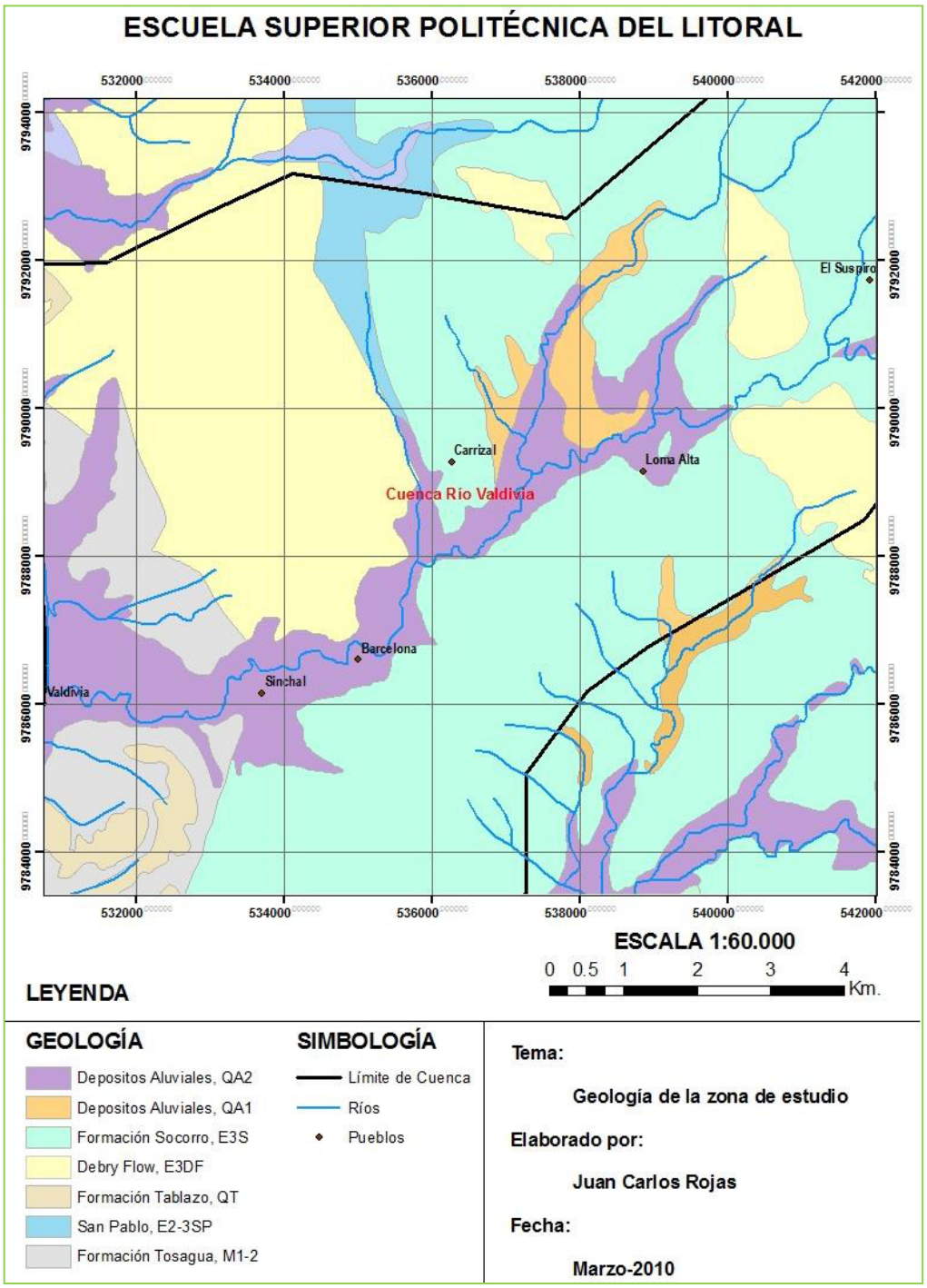


Figura 2.4. Relaciones Estratigráficas del Grupo Ancón. Desplazamiento del grupo Azúcar hacia la depresión Ancón.
(Fuente: Petroecuador, 1999, Editado por Juan Rojas, 2010).



Mapa 1. Mapa Geológico de la Cuenca Hidrográfica Valdivia.

2.5. INVESTIGACIÓN CLIMATOLÓGICA

Se distinguen dos tipos de clima, tropical húmedo y tropical sabana, este último que es el predominante en la zona del proyecto.

El clima tropical húmedo es el característico de la región Chongón-Colonche, desde donde parte el sistema hidrográfico que se constituye la cuenca del Río Valdivia. Las precipitaciones invernales son de consideración, estas condiciones climáticas favorecen el desarrollo de vegetación abundante.

El clima tropical sabana, en el cual predomina el ciclo seco, y las precipitaciones ocurren por lo general en los meses de Febrero y Marzo. La vegetación está representada en su mayoría por plantas que sobreviven los periodos de sequía típica de la zona peninsular.

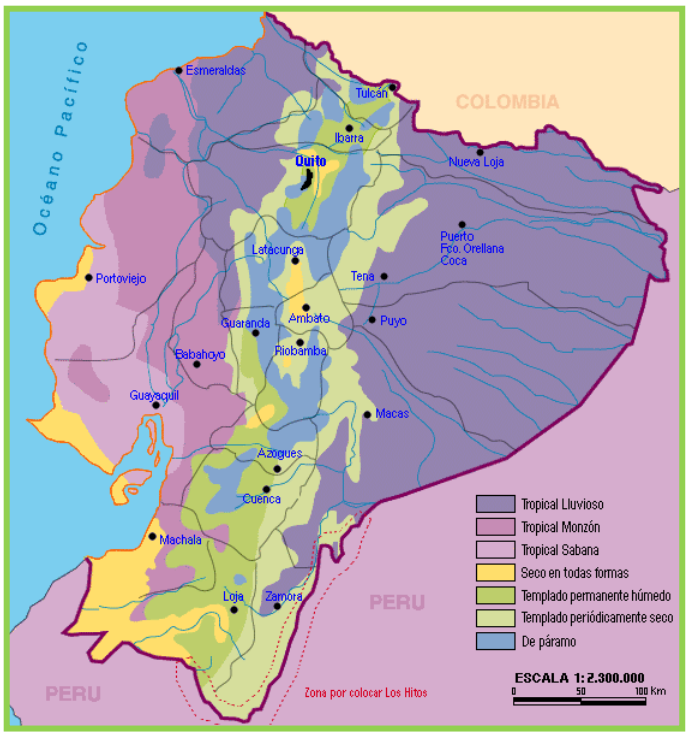


Figura 2.5. Tipos y distribución de los Climas en el Ecuador
(Fuente: Figura tomada de www.metropolitantouring.com)

2.5.1. Precipitación

La zona Norte de la Península de Santa Elena es bastante montañosa, con una altitud media de unos 600 m. El efecto orográfico de la cordillera hace que la precipitación en las partes más altas de la zona aumente sensiblemente. El efecto de la "garúa" costera produce un régimen de lluvias distribuidas algo más uniformemente a lo largo del año. Manglaralto representa una estación de la faja costera con 530 mm de precipitación media anual. Barcelona, a 40 m. de altitud, es representativa de la llanura baja del valle de Valdivia, y El Suspiro, a 456 m. de altura, de la parte alta de dicho Valle. En esta zona la cantidad media de lluvia registrada en el período de Enero a Abril, representa aproximadamente un 60% de la media anual, la precipitación anual de la zona de estudio está entre 350 a 450 mm. En lo que respecta a las precipitaciones máximas y mínimas, estás se registran en Abretones (930mm), y Salinas (125.5 mm) respectivamente. Ver ***Mapa 2.***

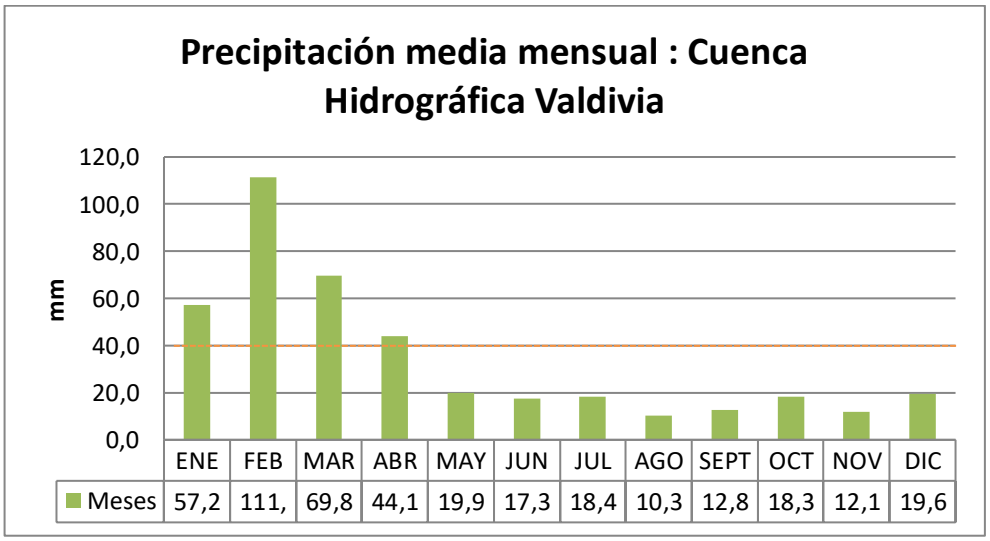


Figura 2.6. Precipitación promedio mensual
(Fuente: INAMHI)

El gráfico anterior muestra los promedios históricos mensuales de pluviosidad en la cuenca hidrográfica Valdivia, desde 1975 hasta el 2009, la precipitación media mensual es de 38 mm, los cuatro primero meses están sobre la media lo cual indica que son considerados como meses húmedos y los ocho meses restantes son considerados meses secos por estar bajo la media.

2.5.2 Temperatura

La temperatura media anual oscila entre los 23,1° de Salinas y los 25,7° de Azúcar donde la influencia marítima es menos intensa. Durante el período considerado, la máxima absoluta registrada ha sido de 36° en Playas (Febrero) y la mínima absoluta de 15,6° en la misma estación (octubre). Hay que señalar que las temperaturas más elevadas se registran en la estación de lluvias, es decir, de Enero a Abril.

La temperatura en la cuenca hidrográfica Valdivia, zona de interés para este proyecto presenta los siguientes rangos:

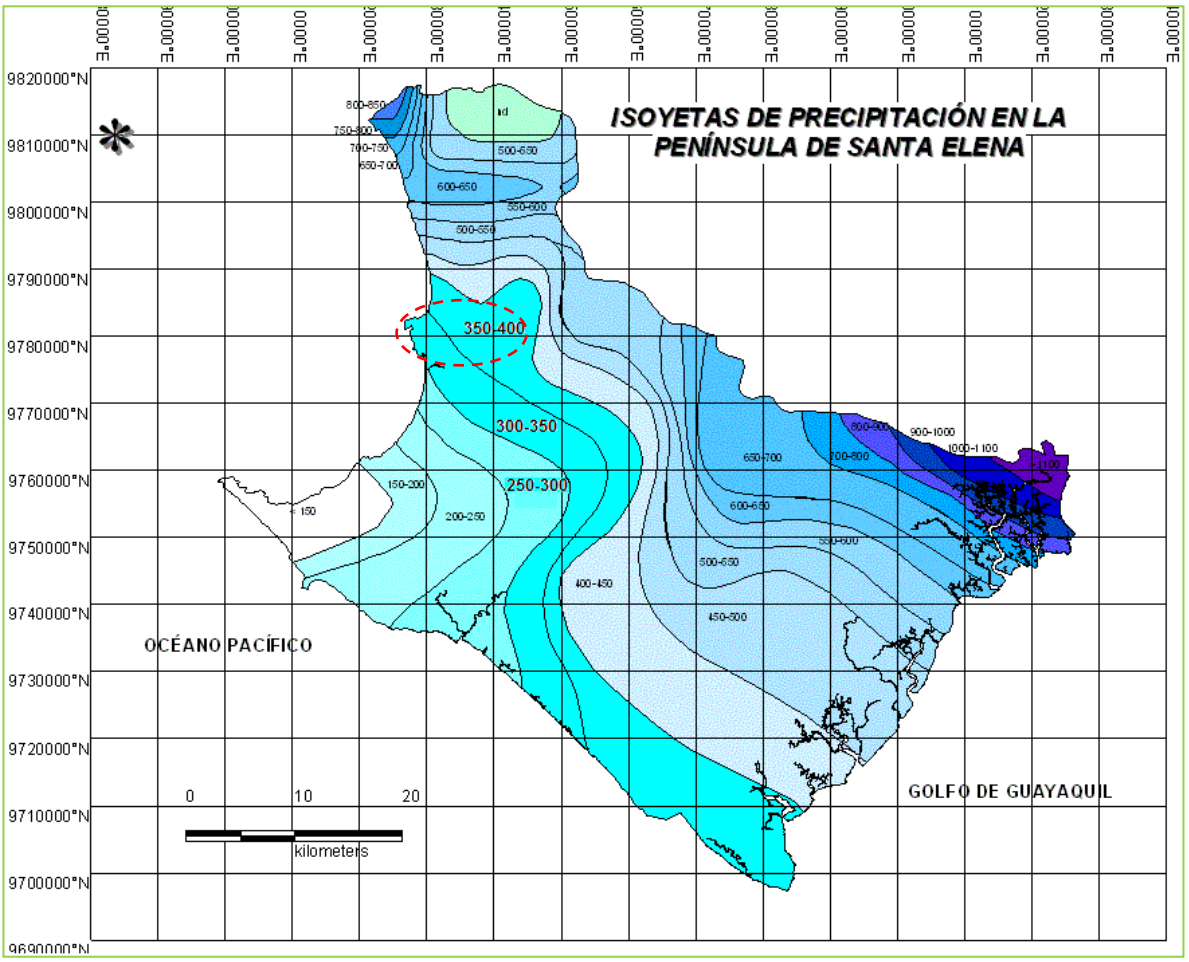
Temperatura Media anual:	23,8 °
Temperatura Máx. Absoluta:	31.7° (Marzo)
Temperatura Min. Absoluta:	18.5° (Agosto)

Con lo que se puede concluir que la variación de la temperatura en la zona se mantiene estable; con variaciones en los últimos años a consecuencia del calentamiento global. Ver ***Mapa 3.***

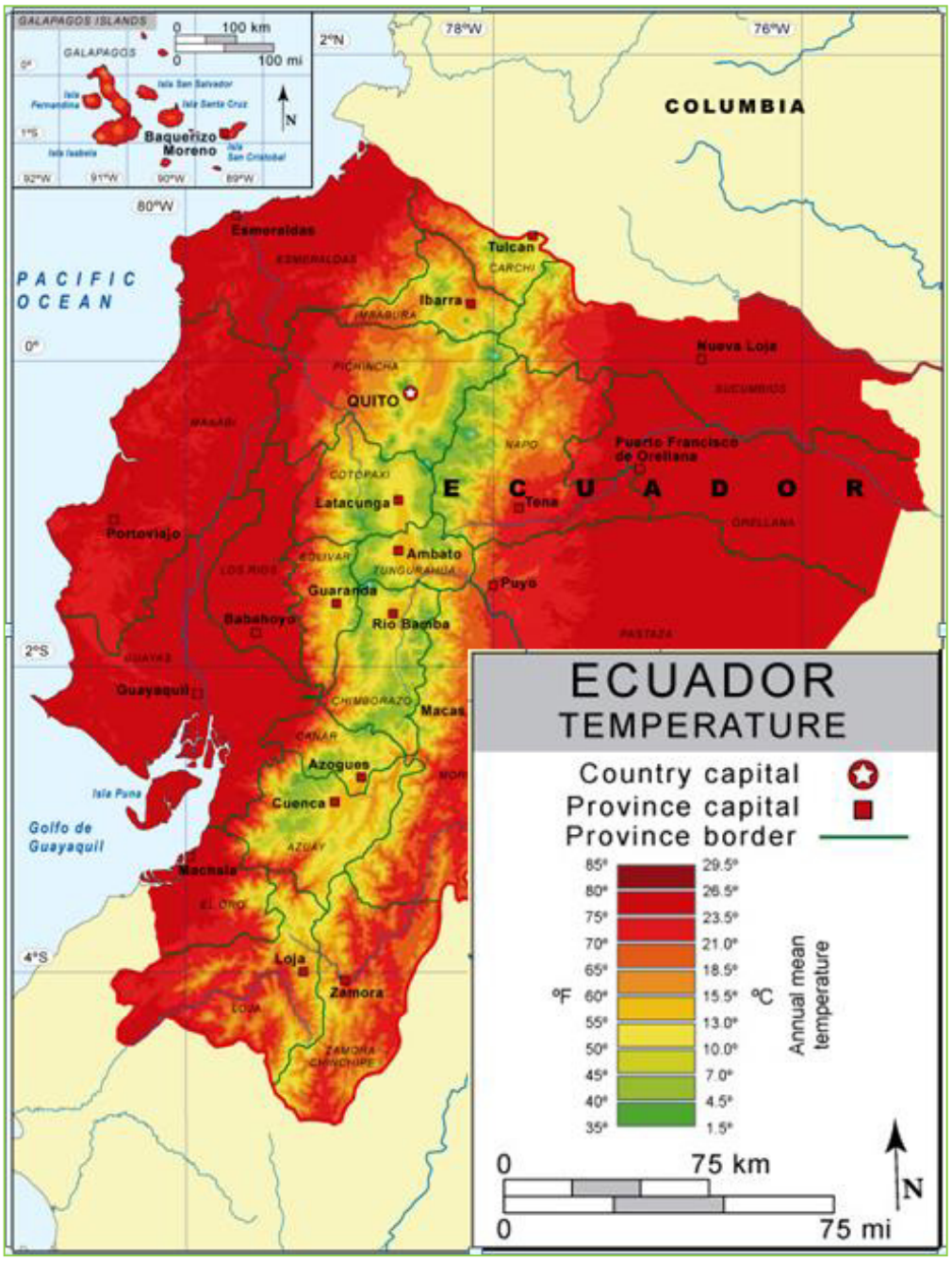
Los registros de los datos meteorológicos corresponden a la estación Suspiro perteneciente a la CEDEGE, y está ubicada en:

Latitud: 2°15’S Longitud: 80°35’E Elevación: 35

Mapa 2. Mapa de precipitaciones
(Fuente: Proyecto SICA. Banco Mundial.)



Mapa 3. Mapa de temperaturas
(Fuente: Mapa tomado de www.bestcountryreports.com)



2.5.3. Evapotranspiración

La evapotranspiración real puede ser medida con diversos procedimientos experimentales, el más utilizado es el uso de lisímetros.

Otro método de evaluación de la evapotranspiración real es el cálculo de esta por medio de formulas empíricas. A continuación se presenta la formula de C. Turc la cual se expresa como:

$$Er = \frac{P}{\sqrt[2]{0.9 + (P^2/L^2)}}$$

Donde:

- Er= evapotranspiración real anual en mm.
- P=La altura de la precipitación anual en mm.
- L=300+25·T+0.05· T^3

Siendo T= la temperatura media del aire anual en °C

Con los datos disponibles obtenidos en la CEDEGE se efectuó la siguiente tabla:

EVAPOTRANSPIRACION REAL				
AÑO	Temperatura (°C)	L	Precipitación (mm)	Evapotranspiración Real (mm)
1975	23,8	1569,1	711,6	676,7
1976	23,8	1569,1	651,1	628,8
1977	23,6	1547,2	257,1	266,9
1978	23,6	1547,2	258,5	268,4
1981	23,4	1525,6	131,2	137,7
1983	23,8	1569,1	1840,0	1219,9
1984	23,8	1569,1	295,4	305,4

1985	23,8	1569,1	230,7	240,3
1986	23,4	1525,6	157,3	164,8
1987	23,8	1569,1	523,5	520,6
1988	23,6	1547,2	239,8	249,5
1989	23,8	1569,1	651,4	629,0
1990	23	1483,4	99,7	104,8
1991	23,8	1569,1	144,9	152,0
1993	23,8	1569,1	302,2	312,2
1994	23,6	1547,2	298,8	308,6
1995	23,8	1569,1	48,1	50,7
1996	23,8	1569,1	197,5	206,4
1997	23,8	1569,1	955,7	847,7
1998	25,2	1730,2	2048,1	1350,1
1999	23,3	1515,0	91,2	95,9
2001	22,3	1412,0	316,0	324,2
2002	23	1483,4	724,9	679,3
2003	23,2	1504,4	329,4	338,3
2004	24,8	1682,6	225,7	235,6
2005	24,6	1659,3	164,7	172,7
2006	24,7	1671,0	297,2	307,9
2007	24,4	1636,3	239,4	249,4
TOTAL			12431,0	11043,9
PRECIP. Y EVAPOTRANS. ANUAL			444,0	394,4
CANTIDAD PARA INFILTRACION Y ESCORRENTIA				49,5

Tabla 4. Calculo de la Evapotranspiración Real
(Fuente: CEDEGE, INAMHI)

En la tabla anterior se calculó la evapotranspiración promedio anual, la cual es aproximadamente 394.4 mm, este valor corresponde a los registro históricos desde 1975 hasta el 2007, pero hay que tomar en consideración que en la tabla existen dos datos aberrantes, que coinciden con fenómenos naturales que azotaron con gran fuerza las costas ecuatorianas (1983 y 1998). Estos datos alteran significativamente el promedio de infiltración y escorrentía, dando como promedio anual 49.5 mm. Si estos dos datos aberrantes no se tomaran en

cuenta para el cálculo estadístico, el valor promedio anual de infiltración y escorrentía se reduciría a 2.7 mm.

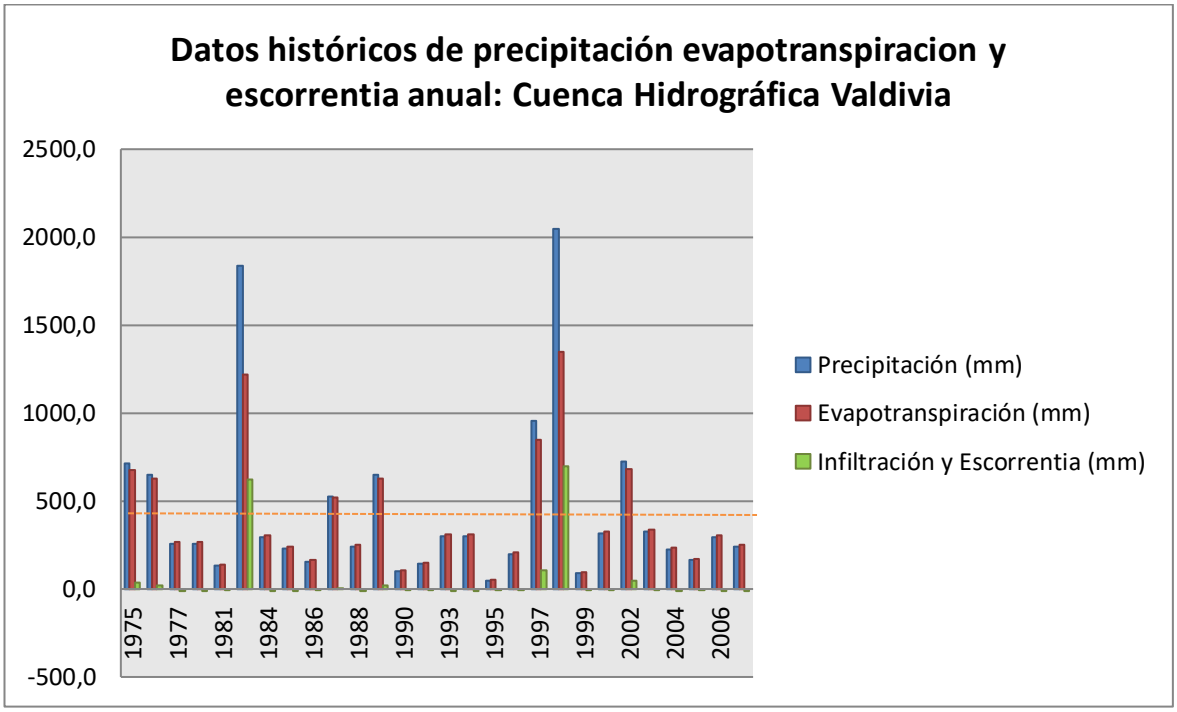


Figura 2.7. Precipitación, evapotranspiración y escorrentía promedio anual.

2.5.4 Humedad

En el apartado de datos climáticos, se incluyen las humedades relativas medias anuales y mensuales del estudio realizado por CEDEGE - CEDEX correspondientes a las estaciones de Manglaralto, Playas y Salinas, siendo destacando los valores relativamente elevados a lo largo de todos los meses del año, hay que señalar el hecho de que se trata de estaciones costeras con marcada influencia marítima.

Se observará asimismo la poca diferencia existente entre los diversos meses, correspondiendo los valores más altos a Manglaralto durante el período Junio-Noviembre y los más bajos a Playas.

Los datos actuales de la humedad relativa promedio anual mínima, máxima y media de las estaciones meteorológicas disponibles oscilan:

Mínima del 70% en Chongón a 79% en San Isidro; la máxima del 90% en Chongón a 95% en San Isidro; la media del 80% en Chongón a 87% en San Isidro, de igual forma se puede decir que los valores más altos corresponden a San Isidro y los más bajos a Chongón.

En la cuenca hidrográfica Valdivia la humedad relativa promedio anual, es de aproximadamente 85%, lo cual indica que con un pequeño descenso de la temperatura del aire o con un aumento de la cantidad de vapor de agua se pueden producir precipitaciones.

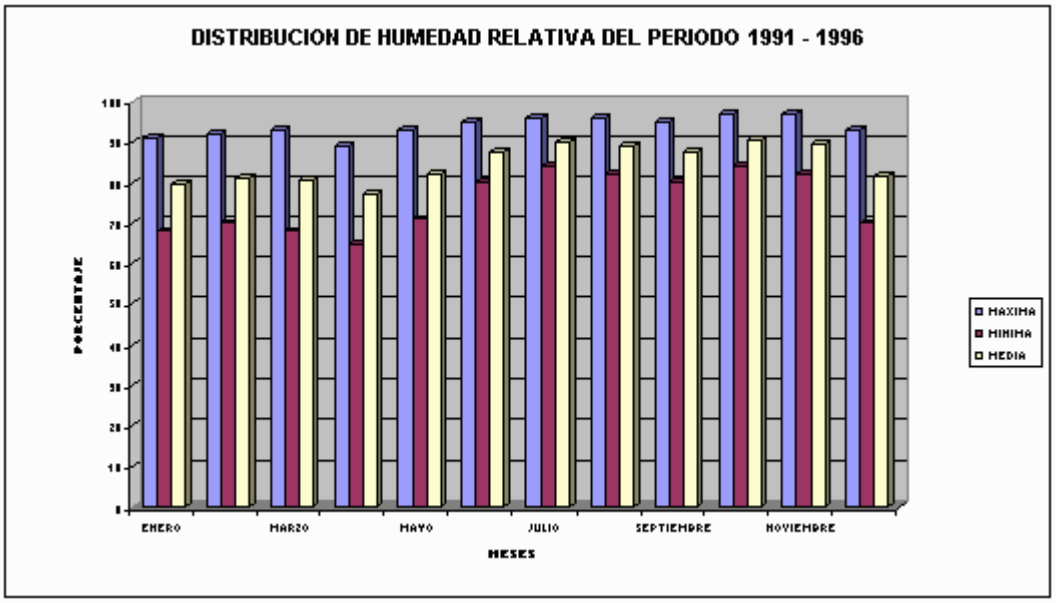


Figura 2.8. Humedad relativa promedio mensual
(Fuente: Proyecto SICA. Banco Mundial.)

CAPÍTULO III.

III. INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA.

3.1. INVENTARIO DE POZOS.

En el área comprendida para el estudio, se realizo un inventario de los pozos existentes, estos datos obtenidos fueron proporcionados por los habitantes locales de las respectivas comunas. Ver ***Tabla 5*** Inventario de Pozos

Foto 1. Inventario de Pozos
(Fuente: Proyecto ECU/8026, OIEA-ESPOL)

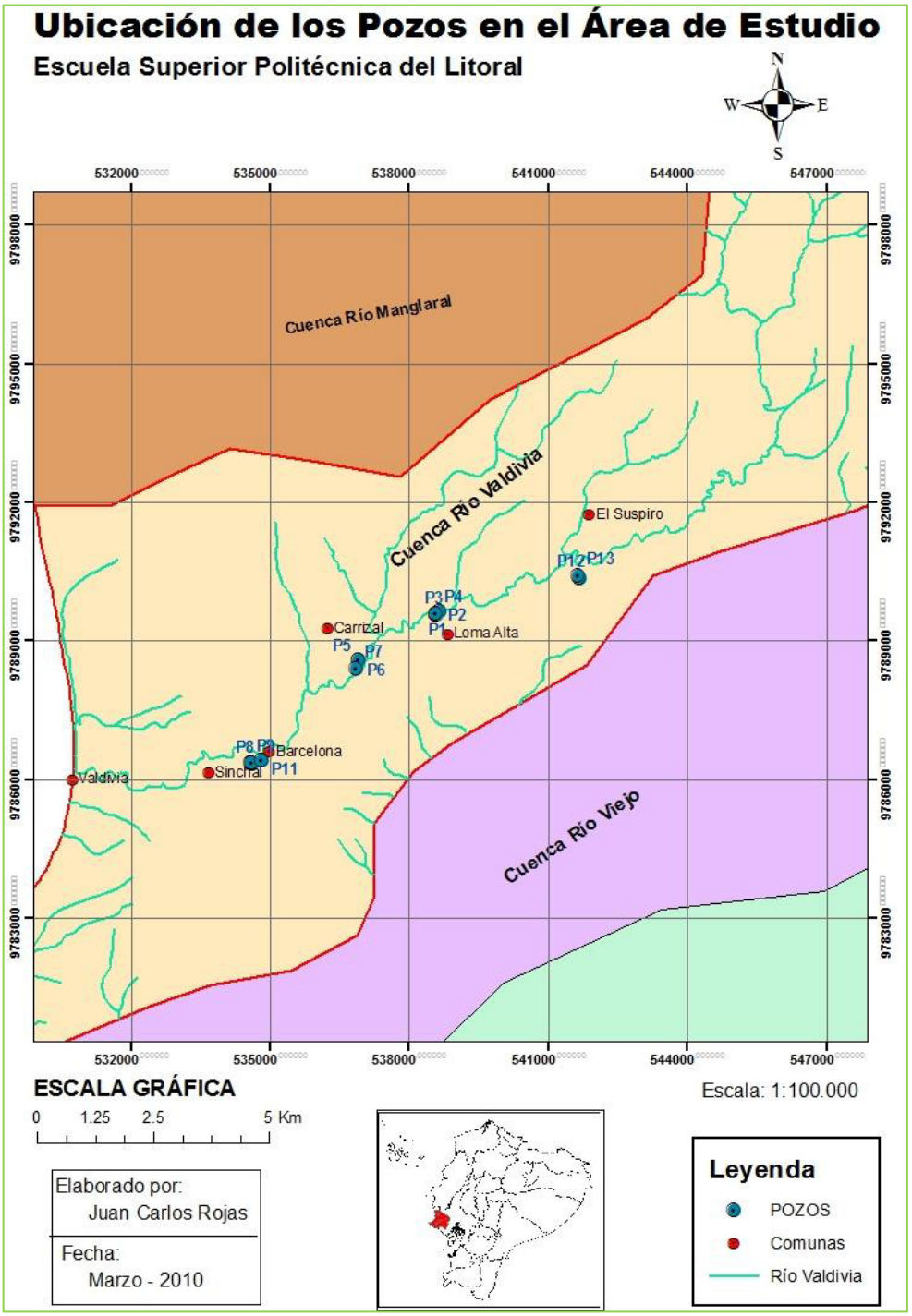
Ver ***Mapa 4*****.** Ubicación de Pozos inventariados

Foto 2. Pozo Comuna El Suspiro
(Fuente: Proyecto ECU/8026, OIEA-ESPOL)

Pozo	Sector	Coordenadas		Altura (msnm)	Profundidad (m)	N.F. (msnm)
		X	Y			
P1	Loma Alta	538596	9789576	50	8	46.5
P2	Loma Alta	538670	9789654	47	2	46
P3	Loma Alta	538601	9789571	58	9.5	56.5
P4	Loma Alta	538601	9789581	58	7.5	56
P5	Carrizal	536927	9788586	37	-	29.88
P6	Carrizal	536937	9788592	46	7.3	45
P7	Carrizal	536868	9788404	46	19	39.5
P8	Sinchal	534637	9786332	27	-	20
P9	Sinchal	534616	9786364	22	14.5	21.5
P10	Sinchal	534616	9786354	24	15	21
P11	Barcelona	534841	9786410	30	29	23
P12	El Suspiro	541704	9790366	120	3.55	118.4
P13	El Suspiro	541675	9790407	113	4.44	110.6

Tabla 5. Tabulación de Pozos Inventariados, tomando valores promedio en el periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009.
(Fuente: Proyecto ECU/8026, OIEA-ESPOL)

Mapa 4. Ubicación de Pozos inventariados



3.2. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUIFERO.

Mediante el análisis de la información recopilada de la zona de interés, y sumado a visitas de campo y trabajos previos cercanos en la zona de estudio se llego a la conclusión de que las Formaciones Geológicas que presentan mejores condiciones hidrogeológicas, sobre todo con respecto a la permeabilidad de sus terrenos son: Formación Aluvial, con sus dos miembros Nivel 1 (QA1) y Nivel 2 (QA2), así también en menor parte la Formación Tablazo. Teniendo en cuenta eso se determinaron dos áreas potenciales para el almacenamiento de aguas subterráneas. Ver ***Tablas 7; 8*.**

Para el cálculo del área de las zonas con potencial acuífero se utilizo el método de Diseño Asistido por Computadora, con ayuda de los programas ARCGIS y AUTOCAD, se utilizo el mapa geológico de la zona se procedió a digitalizar y calcular las áreas de interés. Ver ***Mapa 4.***

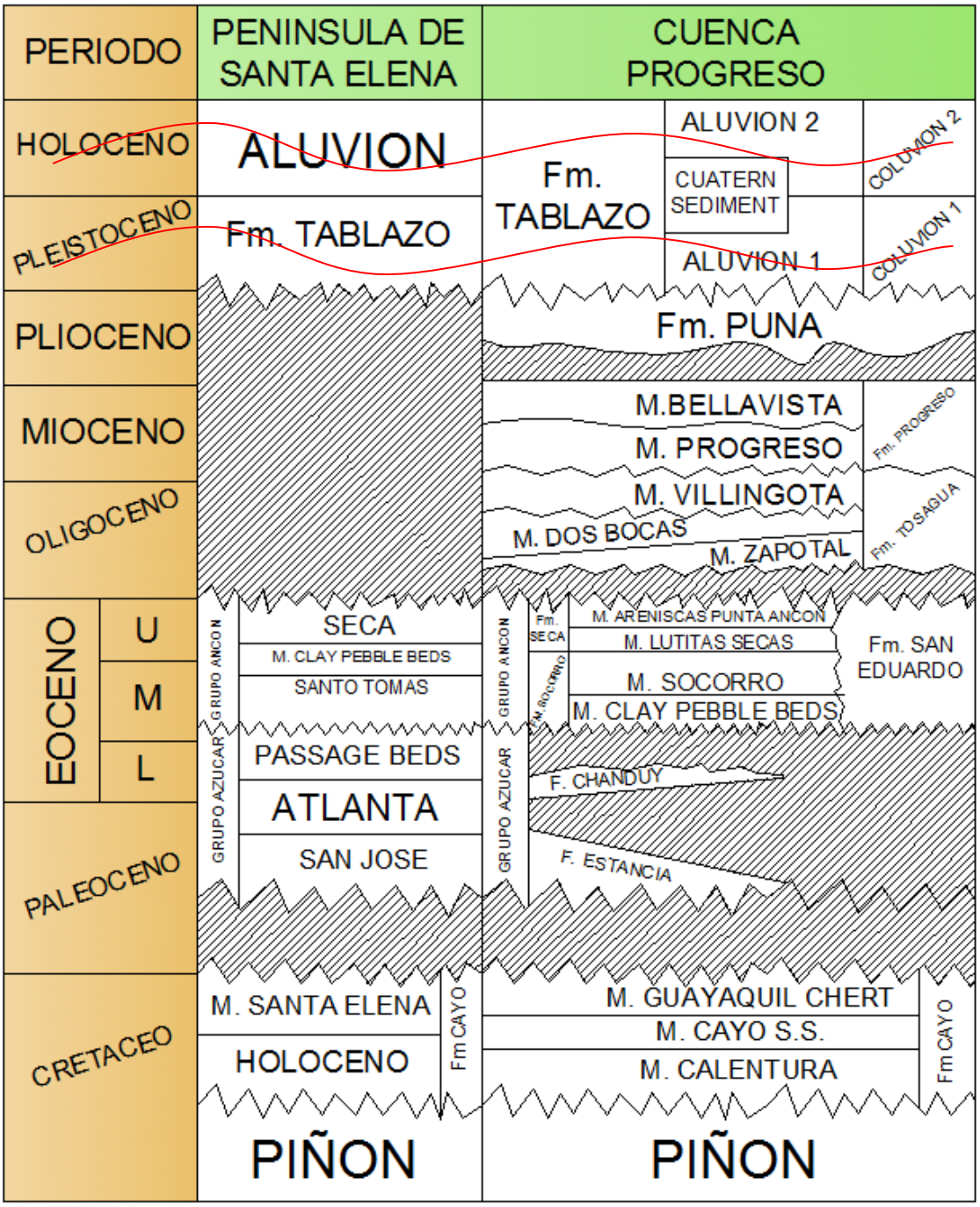


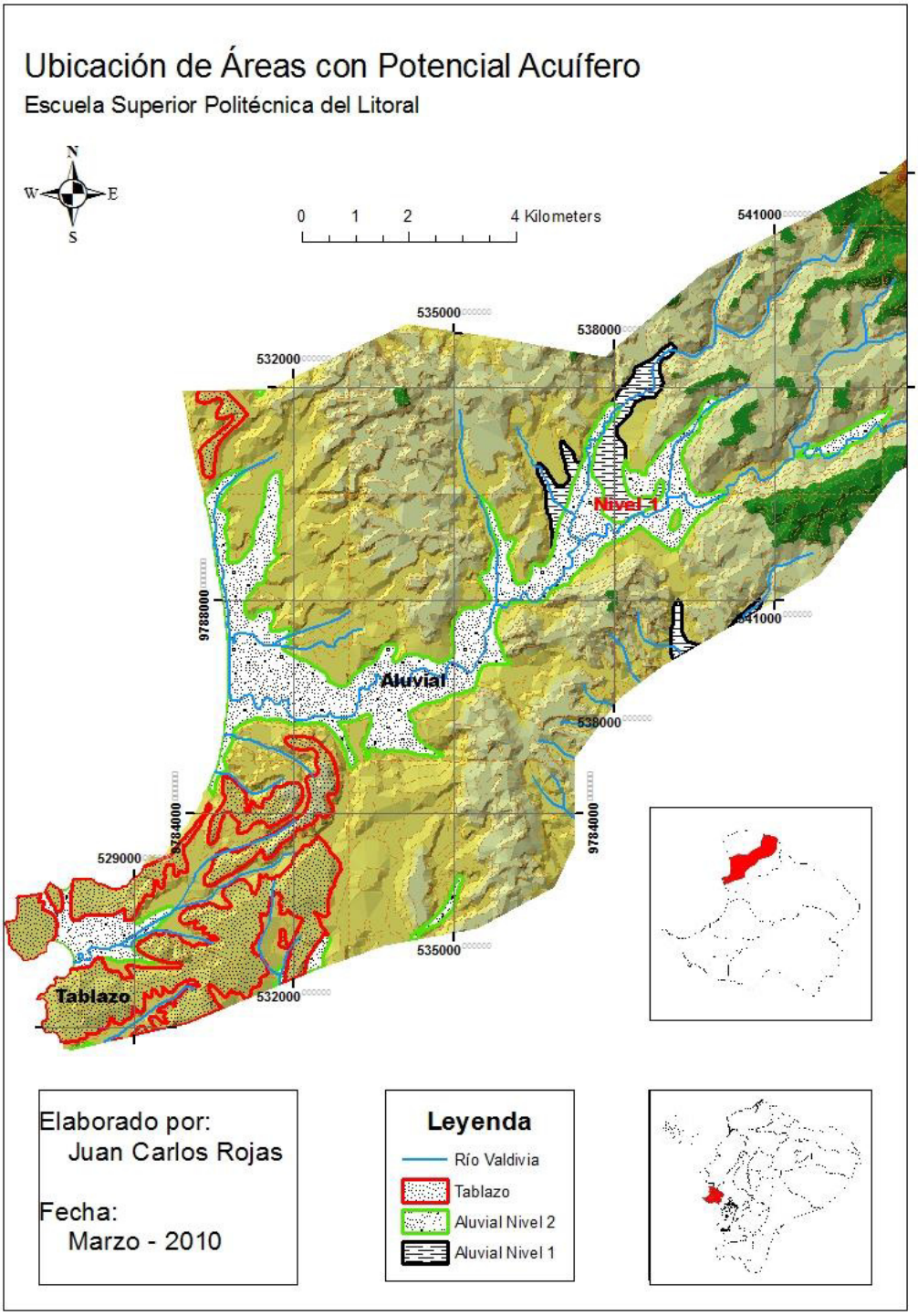
Tabla 6. Relación estratigráfica entre formaciones de la península de Santa Elena y cuenca progreso. (Fuente: ESPOL-ORSTOM, 1984, editado por Juan Rojas, 2010)

Potencial Zona De Acuífero				
Potencial Alto				
Periodo	Formación	Miembro	Área (Has)	Área (km^2)
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	40.56	0.4
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	44.73	0.44
Pleistoceno	Aluvial	Nivel 1	31.5	0.31
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	159.82	1.59
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	0.91	0.009
Pleistoceno	Aluvial	Nivel 1	167.38	1.67
Pleistoceno	Aluvial	Nivel 1	52.11	0.52
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	1413.33	14.13
Pleistoceno	Aluvial	Nivel 1	0.085	0
Holoceno	Aluvial	Nivel 2	1.31	0.01
Suma Aluvial Nivel 2			1660.66	16.6
Suma Aluvial Nivel 1			251.075	2.51
TOTAL			1911.735	19.11

Tabla 7. Áreas de Alto Potencial Acuífero

Potencial Zona De Acuífero				
Potencial Mediano-Alto				
Periodo	Formación	Miembro	Área (Has)	Área (km^2)
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	3.78	0.03
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	754.79	7.54
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	134.98	1.34
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	94.55	0.94
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	82.63	0.82
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	127.27	1.27
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	10.68	0.1
Pleistoceno	Tablazo	Nivel 1	51.58	0.51
TOTAL			1260.26	12.6

Tabla 8. Áreas de Mediano-Alto Potencial Acuífero



Mapa 5. Ubicación de Áreas con Potencial Acuífero

3.3. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

Luego de haber definido las áreas con mayor potencial acuífero, se procedió a definir las unidades hidrogeológicas que presentan estas, básicamente se definió dos unidades hidrogeológicas de mayor importancia para definir de mejor forma la geometría y magnitud del acuífero, como son: la unidad permeable y la unidad impermeable. Para definir estas unidades se realizó una interpretación de dos campañas previas de prospección geoeléctricas (SEV), realizadas en dos comunas (Carrizal, El Suspiro) que se encuentran dentro de la cuenca de estudio, y además de la interpretación se realizó una correlación con la información geológica y estratigráfica para definir de mejor forma estas unidades hidrogeológicas.

3.3.1. Campañas de Prospección Geoeléctrica (SEV) en la Cuenca del Río Valdivia.

Para la campaña de prospección geoeléctrica se realizaron seis Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), dos de ellos en la comuna Carrizal y los otro cuatro en la comuna El Suspiro, estos seis SEV son parte de dos estudios previos para la prospección de agua en subterránea en la zona.

De los cuatros primeros sondeos realizados en El Suspiro, los dos primeros SEV tienen como AB/2 68.1m. Cada uno respectivamente, y los otros dos fueron realizados con un AB/2 100m. La abertura estuvo en función de las características del sector de estudio.

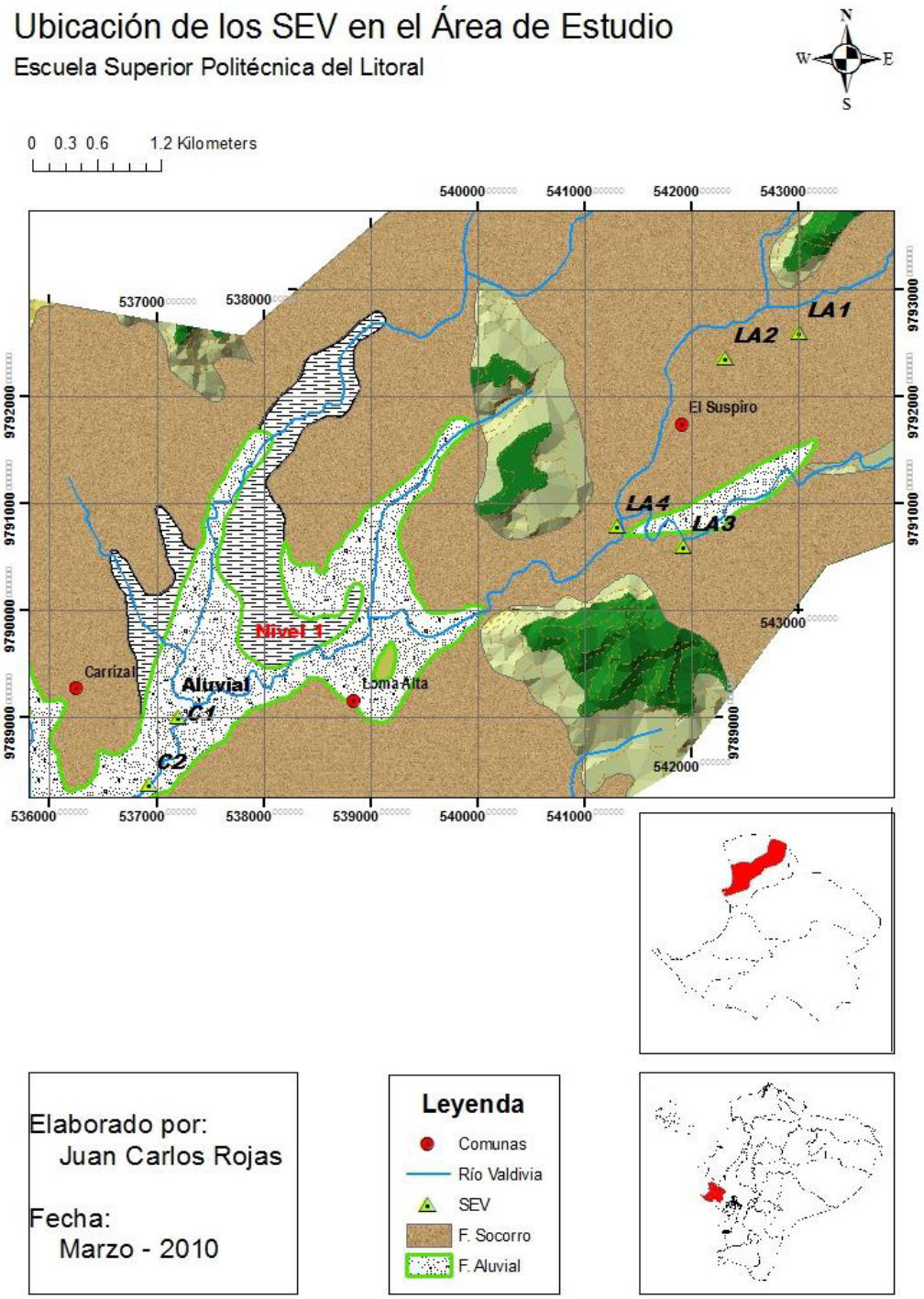
De los dos últimos sondeos realizados en Carrizal, el primer SEV tiene como AB/2 100m. y el segundo SEV un AB/2 147m.

El equipo utilizado fue el TERRAMETER SAS 1000 digitalizado e inteligente con precisión de 1%. Con la lectura de potencial obtenidas en el campo se calculó la resistividad aparente para de ahí pasar a la utilización del Software WINSEV 6.1, el cual es un programa de interpretación de los datos obtenidos en los sondeos por medio del cual definiremos las distintas capas geoeléctricas encontradas en ese punto.

Figura 3.1. Resistivímetro TERRAMETER SAS 1000
(Fuente: www.mining-technology.com).

Coordenadas					
Sector	SEV	x	y	Cota	Formación
El Suspiro	LA1	543007	9792590	150	FORMACION SOCORRO
El Suspiro	LA2	542317	9792356	150	
El Suspiro	LA3	541927	9790593	100	
El Suspiro	LA4	541307	9790781	90	
Carrizal	C1	537199	9789000	45	FORMACION ALUVIAL
Carrizal	C2	536918	9788364	45	

Tabla 9. Coordenadas de los SEV realizados.



Mapa 6. Ubicación de los SEV en el área de estudio

3.3.2. Procesamientos de Datos de Sondeos Eléctricos Verticales

Los datos de los SEV fueron procesados en el software WINSEV, como se hablo en el punto anterior. El procedimiento consta en ingresar los datos recogidos en la campaña geoeléctrica, escoger un modelo sugerido y luego el programa se encarga de hacer un ajuste con respecto a las curvas modelos y la curva que nos da con los valores de campo.

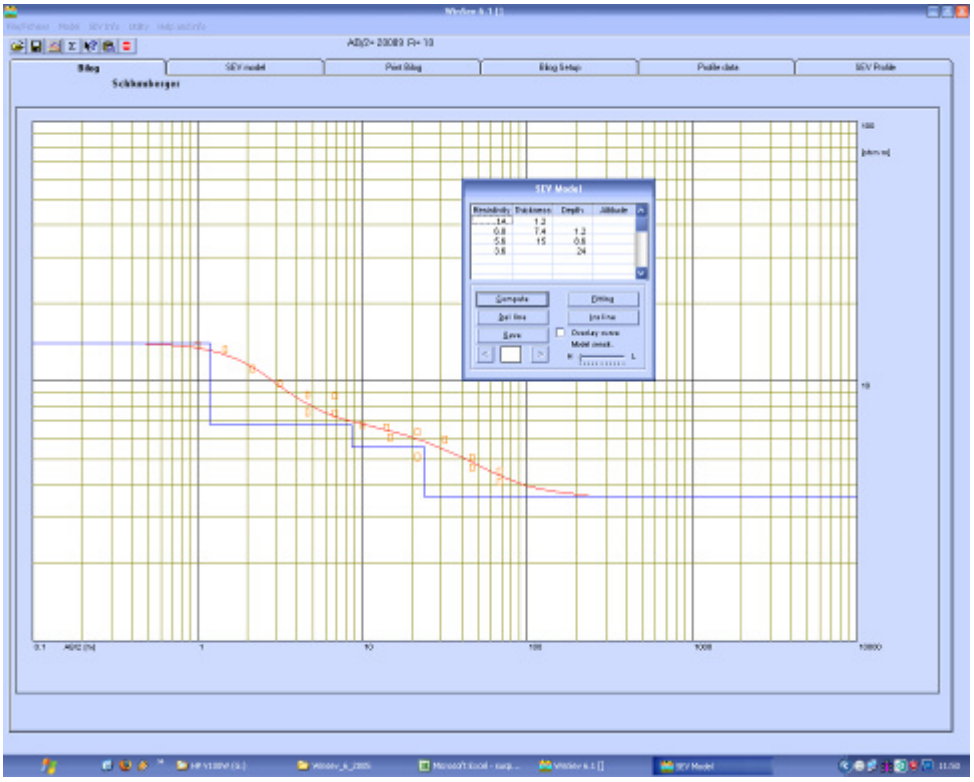


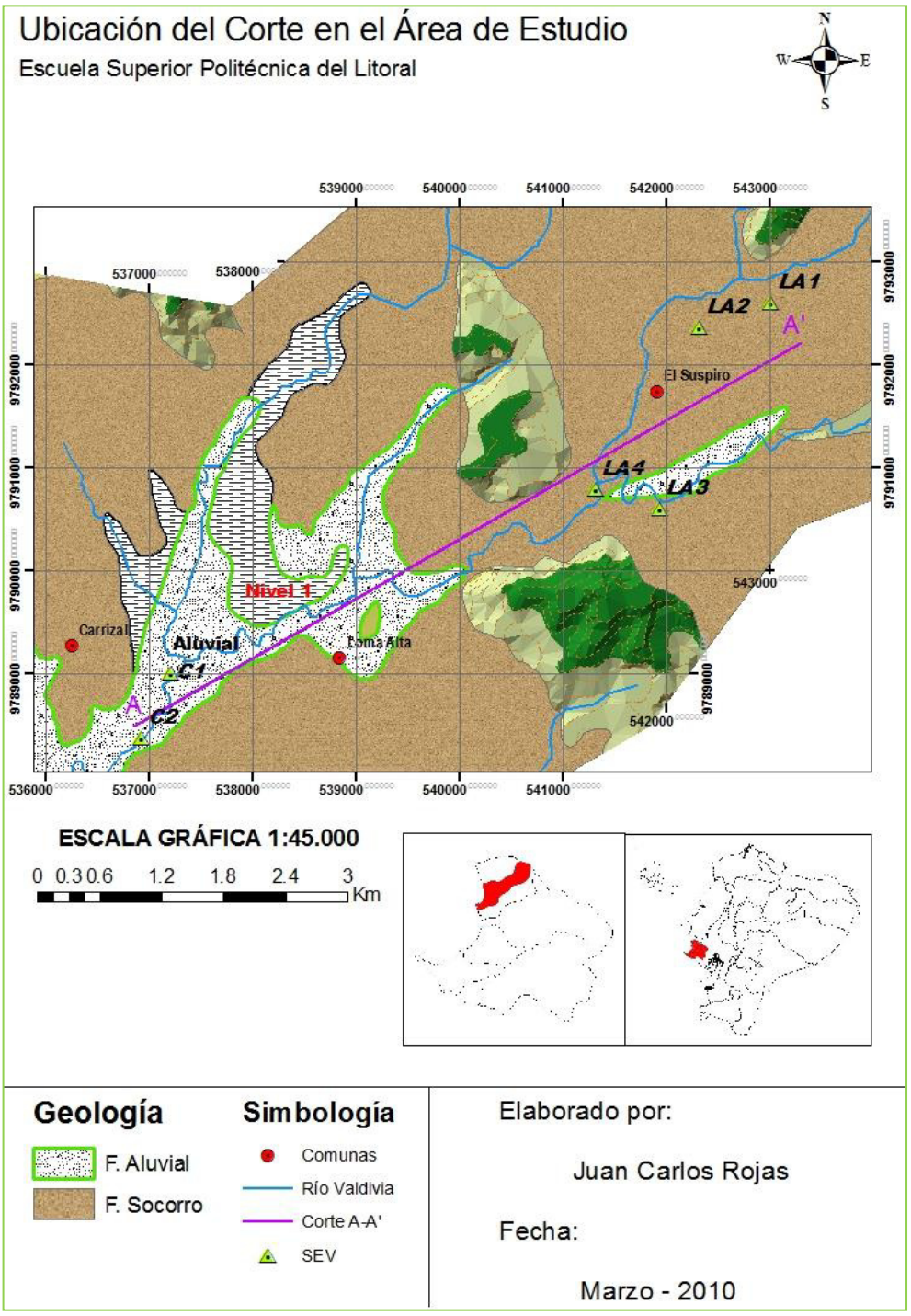
Figura 3.2. Procesamiento de SEV C1, utilizando WINSEV 6.1.
(Fuente: Informe Técnico de Prospección Geoeléctrica de Agua Subterránea en la Comuna Carrizal, en el año 2009).

SEV	Ubicación	Profundidad (m)	Espesor (m)	Resistividad (Ω.m)	Unidad Hidrogeológica	Interpretación
LA1	El Suspiro	1.2	1.2	14	Cuasi Permeable	Areniscas con conglomerados calcáreos
		8.6	7.4	6.8	Acuífero	Areniscas con conglomerados calcáreos
		24	15	5.6	Impermeable	Lutitas
				3.6	Impermeable	Lutitas
LA2	El Suspiro	236	236	5.4	Impermeable	Lutitas
				13	Cuasi Permeable	Areniscas con conglomerados calcáreos
LA3	El Suspiro	17	17	9.8	Acuífero	Areniscas con conglomerados calcáreos
		36	19	3.2	Impermeable	Lutitas
		56	20	4.5	Impermeable	Lutitas
				0.002	Impermeable	Lutitas
LA4	El Suspiro	0.74	0.74	4.9	Impermeable	Lutitas
		4.7	4	11	Acuífero	Areniscas con conglomerados calcáreos
				4.4	Impermeable	Lutitas
C1	Carrizal	1.7	1.7	60	Permeable	Arenas finas con gravas
		27	25	9.8	Acuífero	Areniscas con conglomerados calcáreos
				0.001	Impermeable	Lutitas
C2	Carrizal	7.6	7.6	19	Permeable	Areniscas con conglomerados calcáreos
				3.5	Impermeable	Lutitas

Tabla 10. Tabla de resultados de los SEV.

3.3.3. Interpretación de Datos de Sondeos Eléctricos Verticales

Como se observó en la tabla anterior, con los datos de las resistividades y sumado a la información geológica y estratigráfica se encontró de manera general dos unidades hidrogeológicas, las cuales representan una permeabilidad o no del terreno, con estos datos se realizo un perfil para poder visualizar de mejor manera estas dos unidades hidrogeológicas y realizar una mejor interpretación con respecto a su forma y dimensiones.



Mapa 7. Ubicación del corte para la realización del perfil A-A'

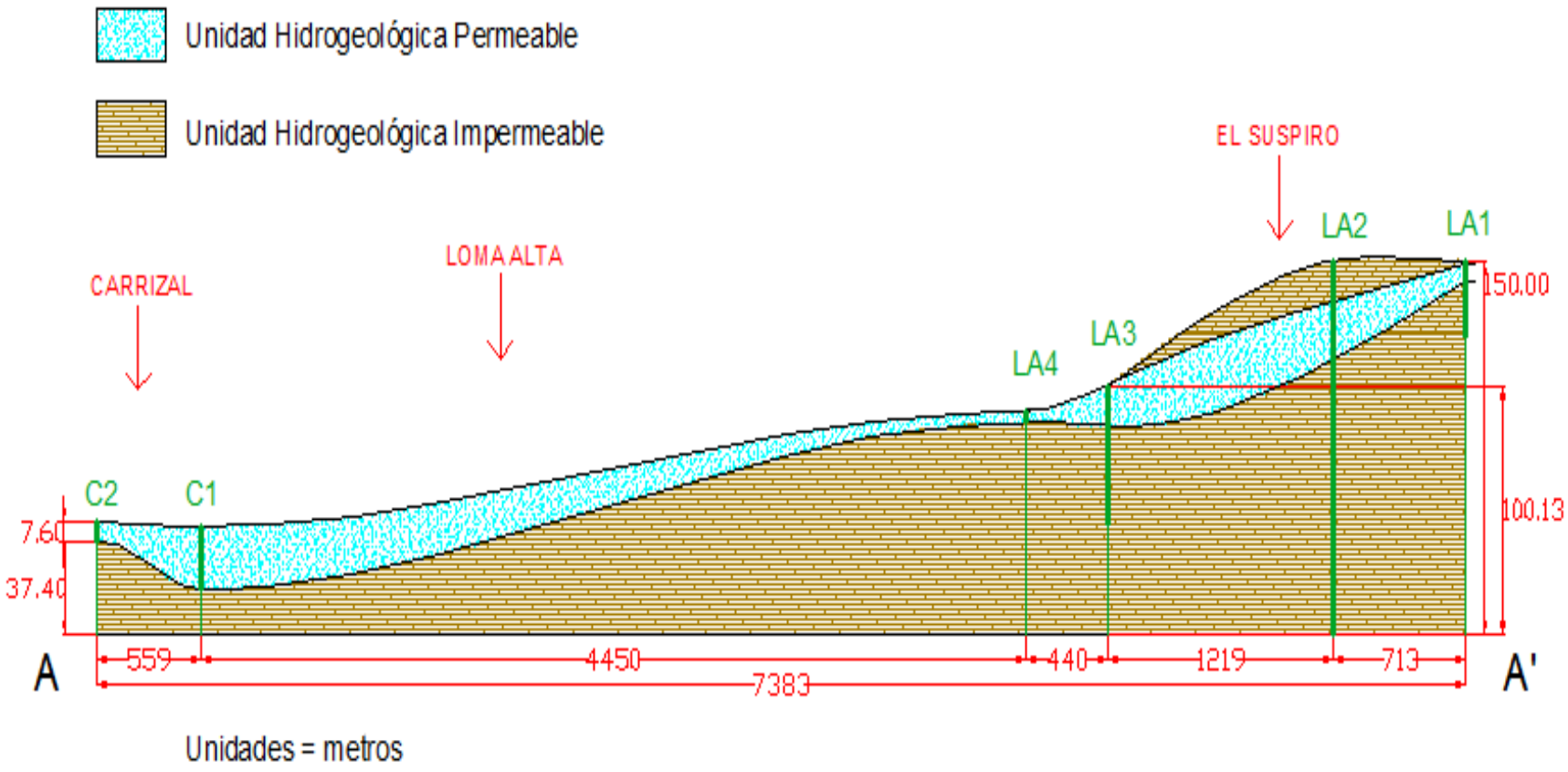


Figura 3.3. Perfil de Interpretación Geoeléctrica A-A’

3.4. DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE PIEZOMÉTRICA.

Para realizar la determinación de la superficie piezométrica de la zona de estudio se realizó una correlación entre los datos del inventario de pozos y la interpretación geoeléctrica, con esto se realizó el mapa de isopiezas para determinar la dirección del flujo del agua del acuífero. El mapa de isopiezas puede observarse en el **Mapa 8**.

3.4.1. Dirección del Flujo

En el mapa de isopiezas, se observa que la dirección que sigue el flujo de agua va aproximadamente de Noreste a Suroeste, es decir de la parte más alta de la cuenca, a la más baja, siguiendo continuamente el curso del río Valdivia. El cauce del río representa una zona de infiltración para el acuífero, no solo por las características geológicas que presenta este (elevada permeabilidad), sino también porque tiene un régimen permanente si bien su caudal no es tan grande pero se va a tener un recarga continua del acuífero.

Ver **Figura 3.4.**

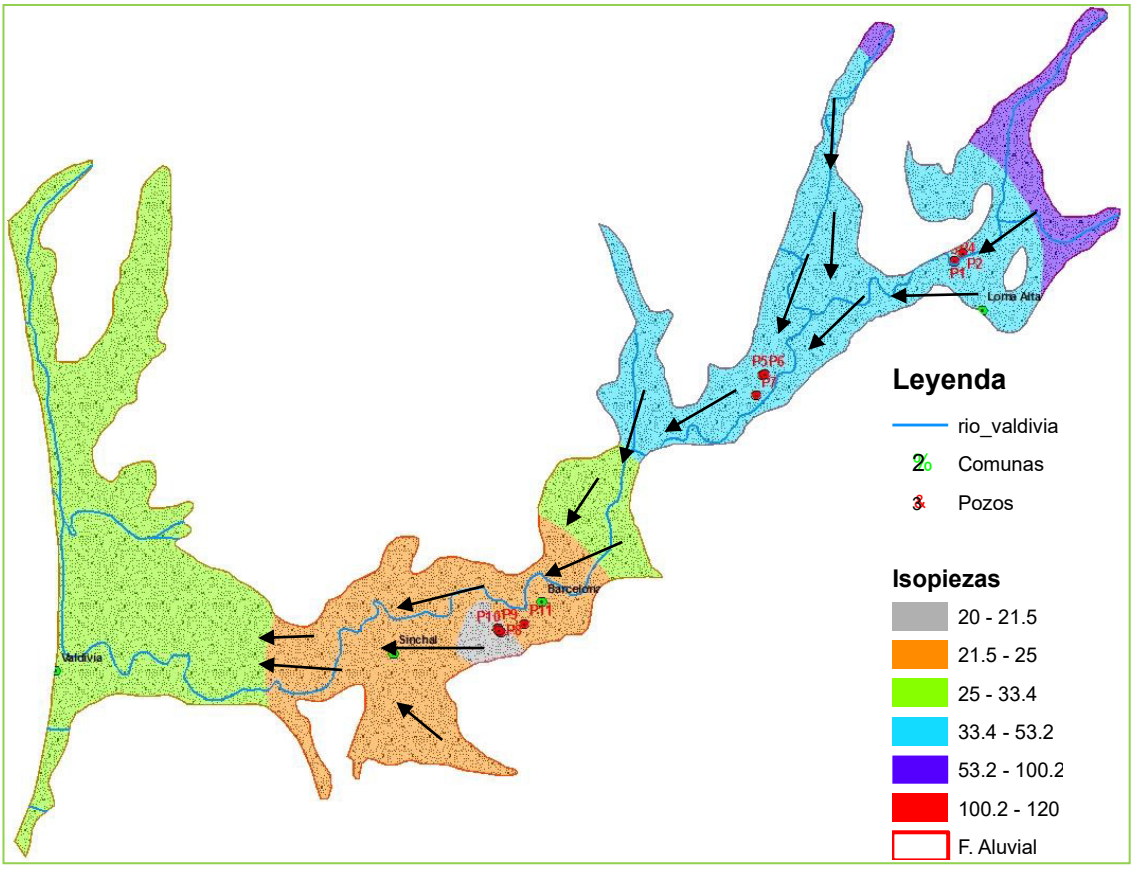
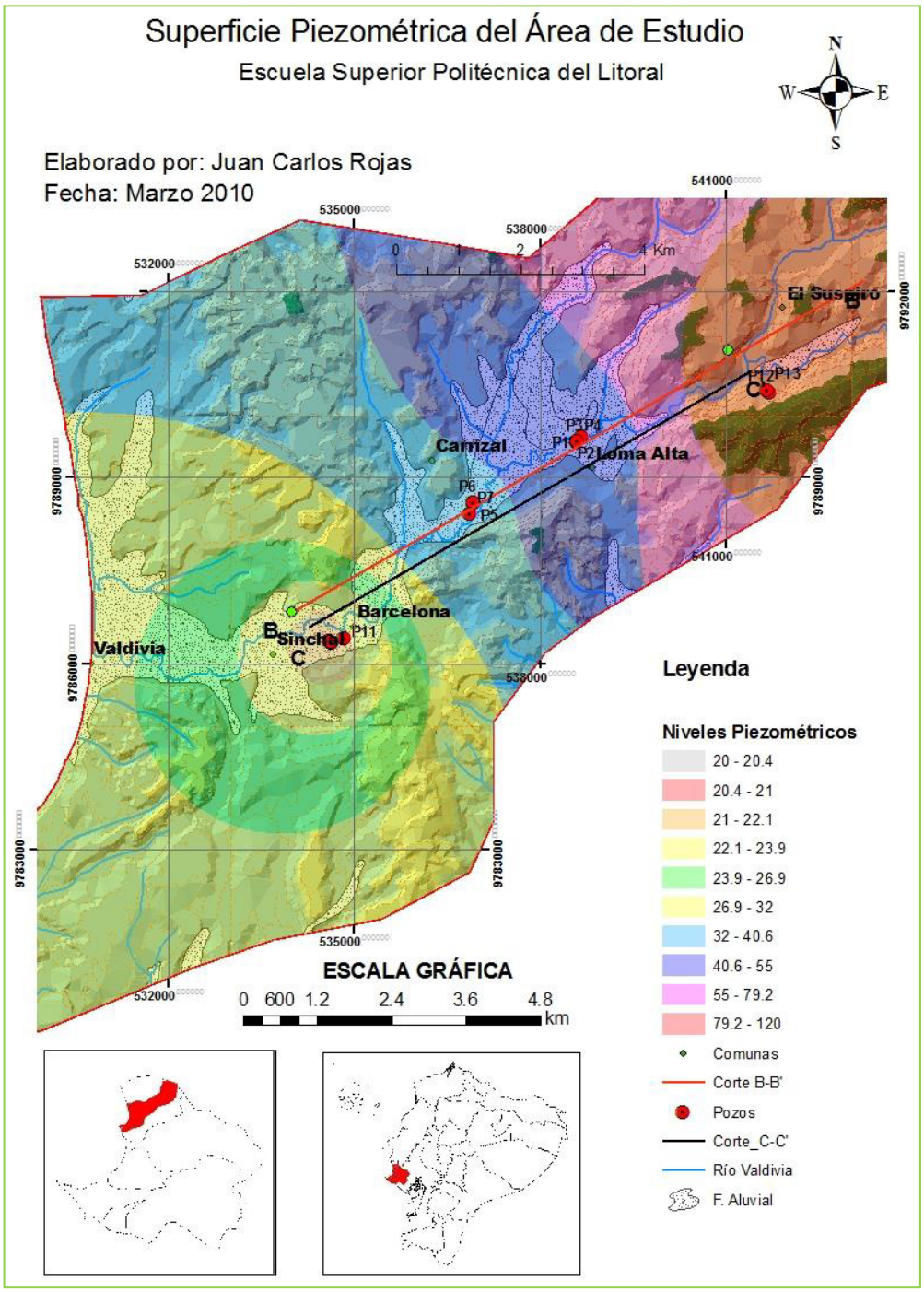


Figura 3.4. Dirección del flujo de agua subterránea, tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009.



Mapa 8. Superficie piezométrica del área de estudio, tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009.

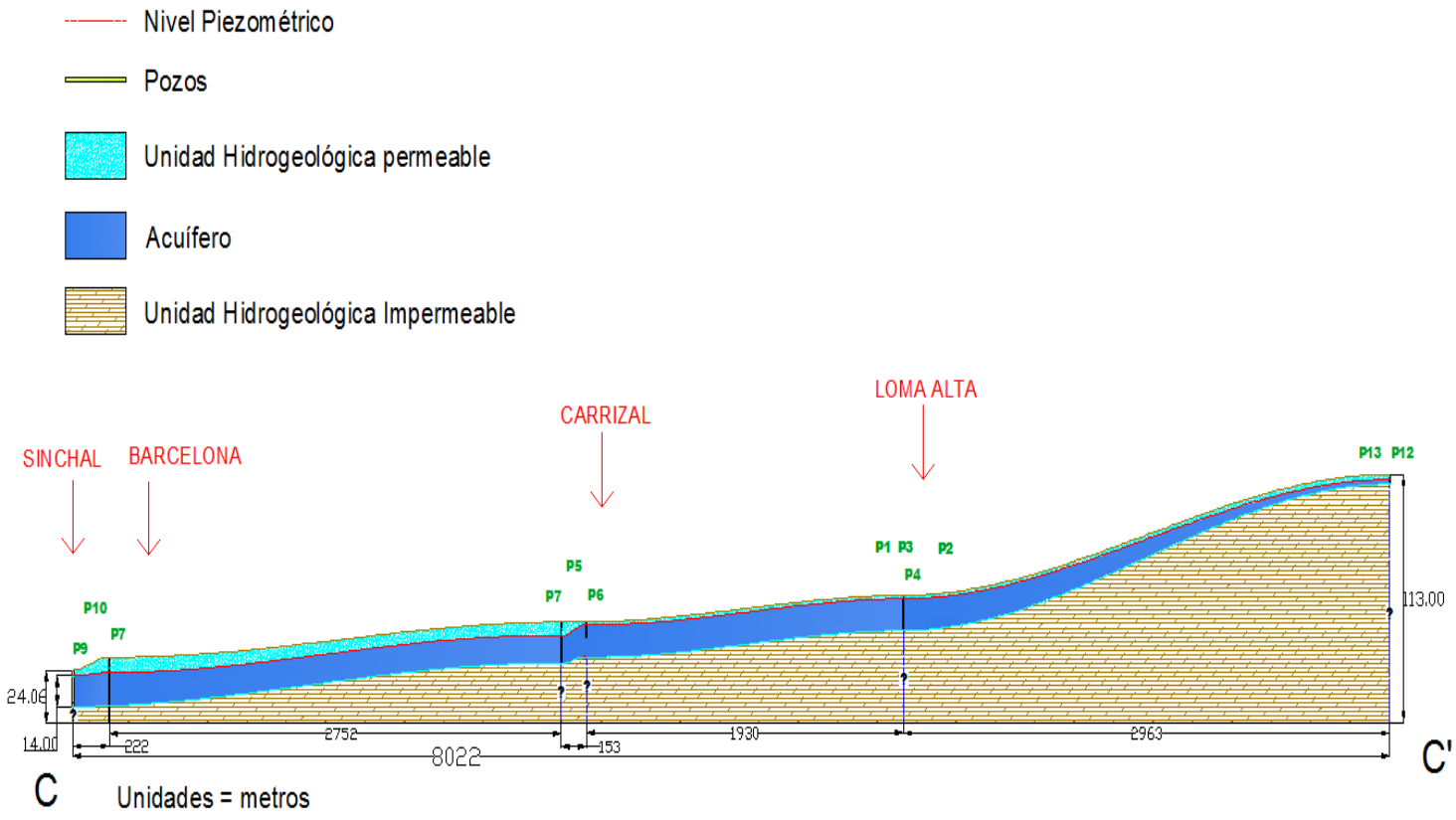


Figura 3.5. Perfil de Hidrogeológico C-C'

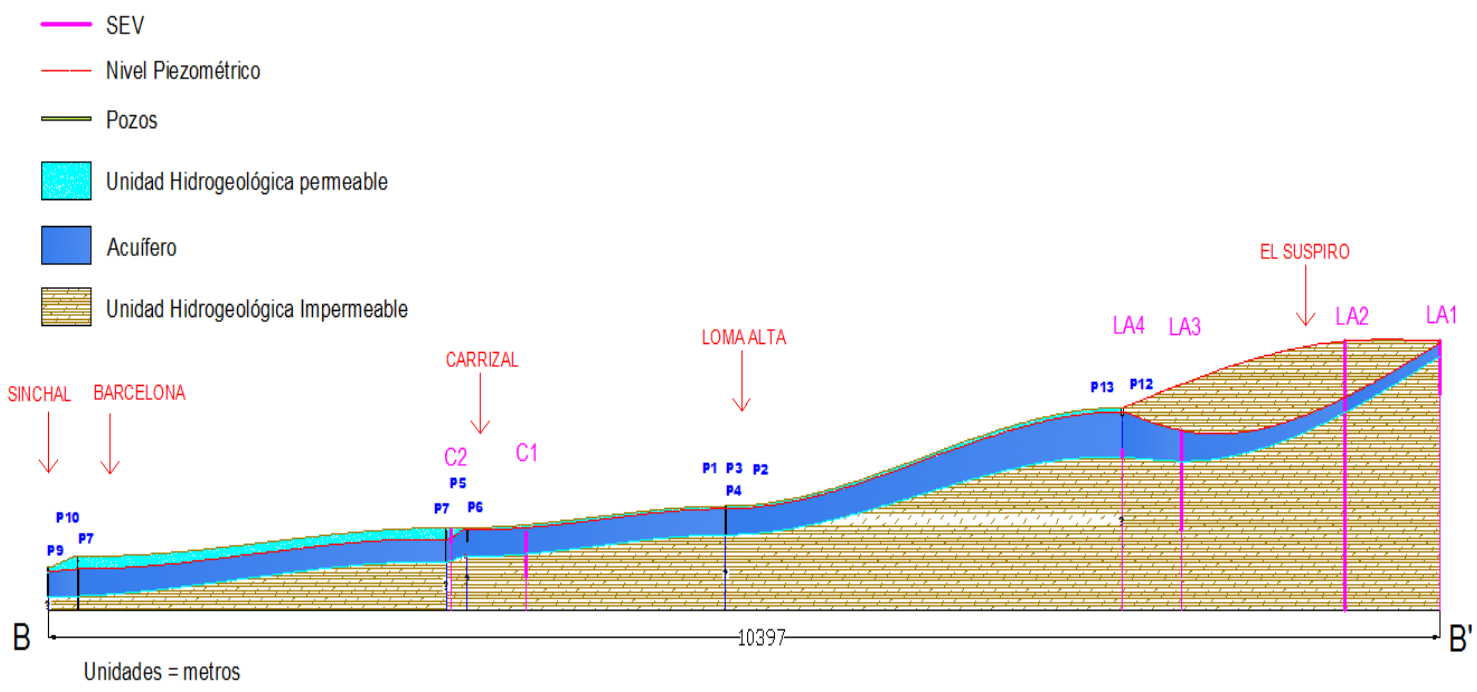


Figura 3.5. Perfil de Hidrogeológico B-B’

3.4.2. Potencial del acuífero

En la zona de estudio se ha encontrado un acuífero libre, el cual es el de mayor interés hidrogeológico, por sus características y magnitud.

El acuífero libre se encuentra localizado básicamente en la cuenca del río Valdivia, desde la comuna El Suspiro hasta la comuna Valdivia, siempre siguiendo el curso del río. El área de esta zona es de 16 km^2 aproximadamente y la potencia del acuífero es de 14 m, considerando un promedio obtenido con los perfiles realizados, el volumen del acuífero calculado en AutoCad es aproximadamente 229'000.000 m^3, estimando una porosidad del 20%, por trabajos previos y las características de la zona, entonces la capacidad máxima será de 45'800.000 m^3

3.4.3. Recarga del acuífero

Después de analizar el registro del nivel piezométrico, de algunos pozos ubicados en la zona de estudio para el periodo de Agosto de 2008 a Mayo de 2009, se pudo observar que si bien existe una variación en el nivel piezométrico, esta variación no es muy significante, aproximadamente de 0.5m en cota, el cual corresponde a un valor promedio para el periodo descrito anteriormente. Esto se debe a la recarga natural que tiene el acuífero, por medio de la precipitación y su escorrentía sobre el terreno y el cauce el río.

La topografía del área de estudio es otro de los factores que aumenta la capacidad de infiltración del agua, debido a que es prácticamente una llanura con pendientes moderadas, permitiendo que el agua de las precipitaciones permanezca mayor tiempo en contacto con el suelo a una velocidad de escorrentía lenta.

La geología del sector es otro de los factores, que complementados con la geomorfología permiten una mayor infiltración de agua en el terreno, al ser esta de naturaleza permeable con capas de arenas y gravas.

El río Valdivia es otro de los agentes de recarga del acuífero, a pesar de no tener un caudal muy grande, este es un río permanente, y la recarga se da continuamente, pero principalmente en épocas de invierno cuando el rio aumenta su caudal inundando las terrazas aluviales conformadas por capas de gravas y arenas, saturando más rápido los poros y permitiendo una mayor infiltración en la zona del acuífero.

A continuación se analiza la variación del nivel piezométrico de cinco pozos que tuvieron mediciones periódicas por el intervalo de 10 meses, desde el mes de Agosto de 2008 a Mayo de 2009, estos meses incluyen periodos de invierno y verano que muestran cómo se comporta la recarga o descarga del acuífero con respecto a estas dos estaciones.

P1 LOMA ALTA				
Mes	Cota (m.s.n.m)	Prof(m)	NE(m)	N. Piezo. (m.s.n.m.)
ago-08	50	8	3.3	46.7
sep-08	50	8	3.25	46.75
oct-08	50	4.18	3.48	46.52
nov-08	50	8	3.48	46.52
dic-08	50	7.95	3.3	46.7
ene-09	50	8.05	3.4	46.6
feb-09	50	8.1	3.5	46.5
mar-09	50	8.03	3.27	46.73
abr-09	50	8	3.25	46.75
may-09	50	8.05	3.95	46.05
MEDIA		7.64	3.42	46.58

Tabla 11. Datos de Piezometría Pozo1.

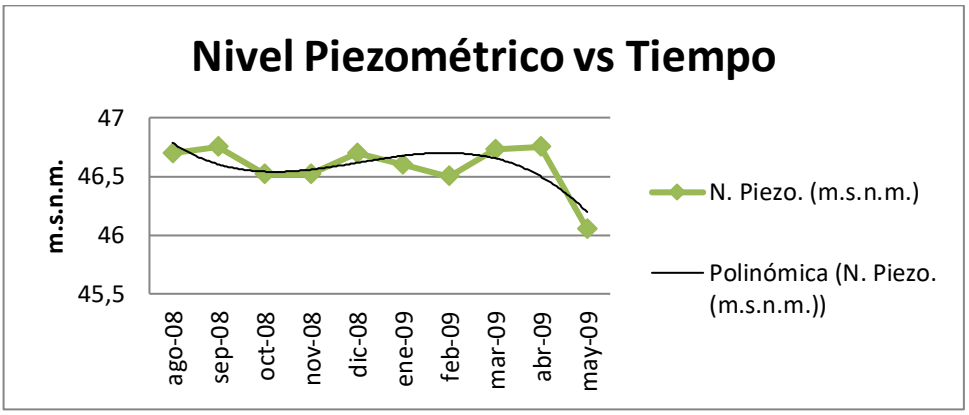


Figura 3.7. Nivel Piezométrico Vs Tiempo P1.

P2 LOMA ALTA				
Mes	Cota (m.s.n.m)	Prof(m)	NE(m)	N. Piezo. (m.s.n.m.)
ago-08	47	1.7	0.7	46.3
sep-08	47	2.2	0.92	46.08
oct-08	47	1.9	1.03	45.97
nov-08	47	1.9	1.1	45.9
dic-08	47	2.1	1.2	45.8
ene-09	47	2.1	1.1	45.9
feb-09	47	1.95	1.2	45.8
mar-09	47	1.9	1.3	45.7
abr-09	47	1.92	1.35	45.65
may-09	47	2.2	2	45
MEDIA		1.99	1.19	45.81

Tabla 12. Datos de Piezometría Pozo2.

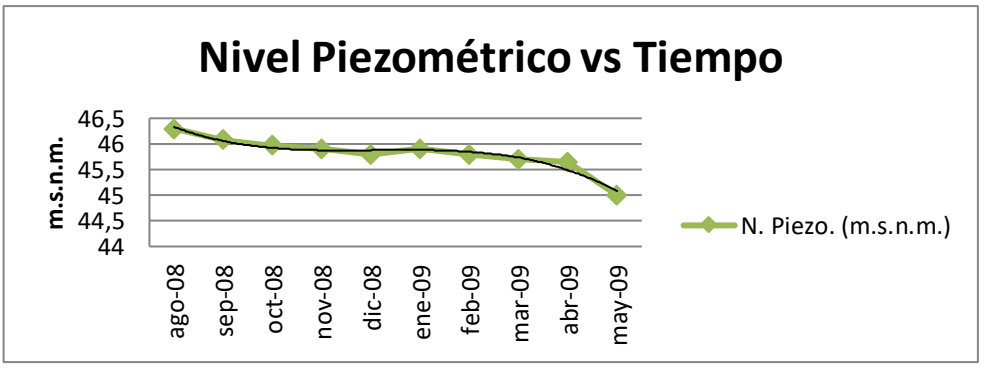


Figura 3.8. Nivel Piezométrico Vs Tiempo P2.

P6 CARRIZAL				
Mes	Cota (m.s.n.m)	Prof(m)	NE(m)	N. Piezo. (m.s.n.m.)
ago-08	46	7.3	0.9	45.1
sep-08	46	7.3	0.85	45.15
oct-08	46	7.3	0.98	45.02
nov-08	46	7.3	0.9	45.1
dic-08	46	7.45	0.85	45.15
ene-09	46	7.1	0.8	45.2
feb-09	46	7.5	0.86	45.14
mar-09	46	7	0.76	45.24
abr-09	46	7.2	0.8	45.2
may-09	46	7.1	0.75	45.25
MEDIA		7.26	0.845	45.16

Tabla 13. Datos de Piezometría Pozo6.

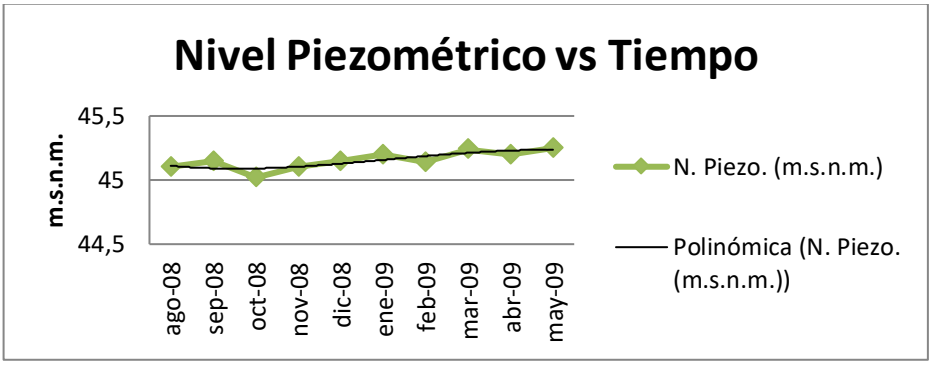


Figura 3.9. Nivel Piezométrico Vs Tiempo P6.

P9 SINCHAL				
Mes	Cota (m.s.n.m)	Prof(m)	NE(m)	N. Piezo. (m.s.n.m.)
ago-08	22	-	-	-
sep-08	22	15.9	2.39	19.61
oct-08	22	10.5	2.3	19.7
nov-08	22	15.9	2.3	19.7
dic-08	22	14.9	1.5	20.5
ene-09	22	13.95	1.4	20.6
feb-09	22	14.5	1.45	20.55
mar-09	22	13.93	1.39	20.61
abr-09	22	14.2	1.4	20.6
may-09	22	14.25	1.45	20.55
MEDIA		14.23	1.731	20.27

Tabla 14. Datos de Piezometría Pozo9.

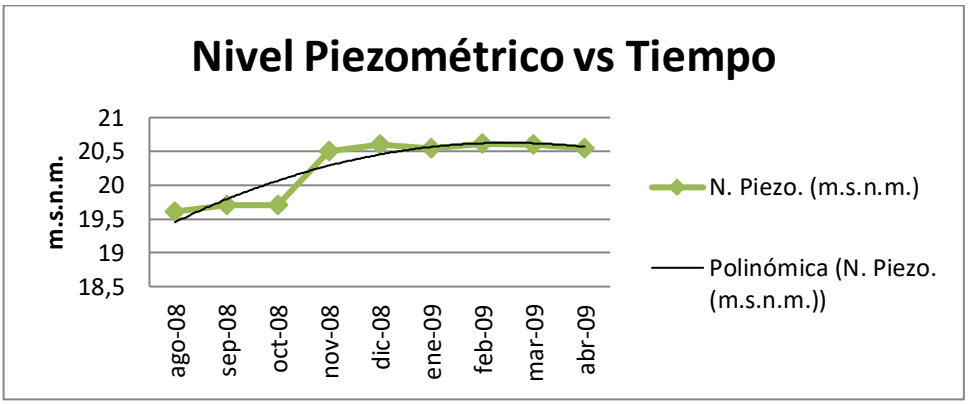


Figura 3.10. Nivel Piezométrico Vs Tiempo P9.

P11 BARCELONA				
Mes	Cota (m.s.n.m)	Prof(m)	NE(m)	N. Piezo. (m.s.n.m.)
ago-08	30	29	7	23
sep-08	30	29	7	23
oct-08	30	29	6.5	23.5
nov-08	30	29	6.8	23.2
dic-08	30	29	6.9	23.1
ene-09	30	29	6.6	23.4
feb-09	30	29	6.9	23.1
mar-09	30	29	6.5	23.5
abr-09	30	29	6.7	23.3
may-09	30	29	6.8	23.2
MEDIA		29	6.77	23.23

Tabla 15. Datos de Piezometría Pozo11.

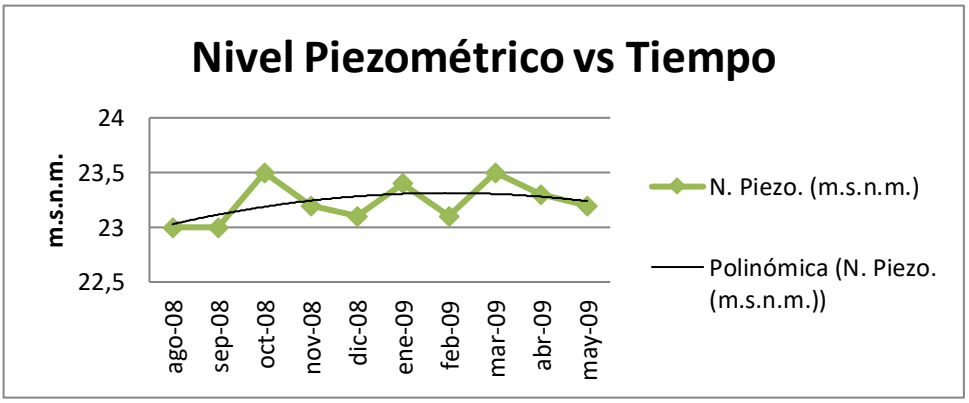


Figura 3.11. Nivel Piezométrico Vs Tiempo P11.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, el nivel piezométrico no varía muy significativamente con respecto al tiempo, con variaciones máximas de hasta 1.4 m. y una variación media de 0.5 m. Los principales cambios se registran en la estación húmeda que se extiende entre diciembre y abril, donde las lluvias son más constantes, pero en el mes de febrero se presenta un fenómeno recurrente en todos los pozos, a pesar de ser también un mes húmedo existe una caída en el nivel piezométrico, esto se justifica por la masiva afluencia de turistas y la sobreexplotación de los pozos, para suministrar los servicios básicos a los visitantes. En el mes abril las precipitaciones se vuelven menos frecuentes y para el mes de mayo, ya empieza el periodo seco con muy pocas precipitaciones por consiguiente la recarga por parte de escorrentías disminuye como se puede ver en los gráficos.

3.5. PERFILES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) Y TEMPERATURA. (T)

Al encontrarse el área de estudio en una región costera, el acuífero se ve afectado por la intrusión marina y otros procesos de salinización, sobre todo en las zonas que se encuentran muy cercanas al perfil costero. Este fenómeno natural ocasiona la salinización de parte del acuífero sobre todo si existen pozos cercanos al mar y mayor si se da una sobreexplotación de estos, ocasionando que la cuña marina penetre tierra adentro y altere una proporción más grande del acuífero. Es por tal motivo que para llevar un mejor control de la calidad del agua se llevó un registro de temperatura, y CE en la mayoría de los pozos.

CE (us/cm)										
Pozo	ago-08	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08	ene-09	feb-09	mar-09	abr-09	may-09
P1	774	775	780	780.4	786.8	784.2	869.4	713	741	729.75
P2	616	590	599	605	586	502	498	462	495	512
P6	827.83	750.57	704.57	702.85	613.14	666.57	777	691	723.42	679
P9	1575.76	1572.5	1595.25	1589.42	1434.53	1344.83	1501.76	1476.15	1.515.53	1550.38

Tabla 16. Datos de Conductividad Eléctrica, tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009.

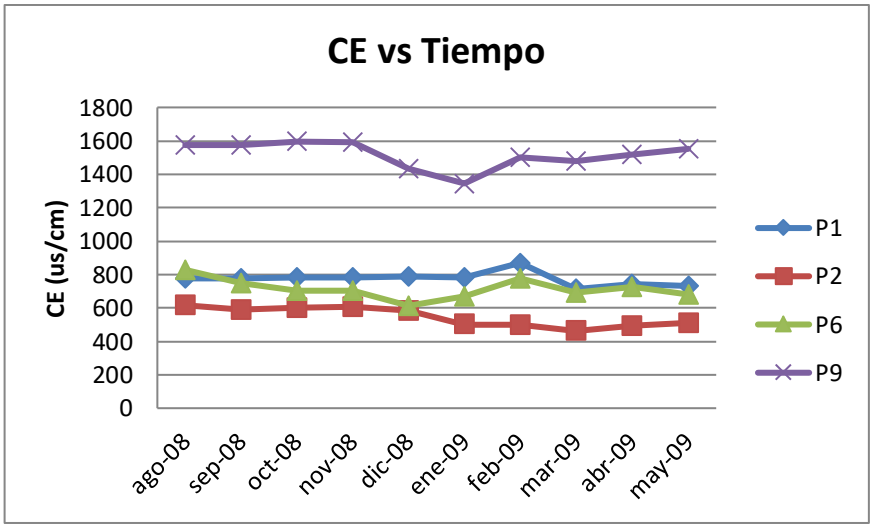


Figura 3.12. Perfiles CE vs Tiempo P1, P2, P6, P9. Tomando valores promedio del periodo Agosto de 2008 a Mayo de 2009.

Los datos anteriores corresponden a los pozos que tuvieron un registro continuo por diez meses, el P9 que corresponde a la comuna Sinchal, es el que tiene el valor más alto de conductividad por ende el agua presente mayor salinidad, esto se debe a que el P9 es uno de lo que más cerca se encuentra con respecto al perfil costero, aproximadamente a 3km. *Ver **Mapa 9**.*

El P6 se encuentra en la comuna Carrizal, esta se ubica a una mayor distancia del perfil costero y a una cota más alta, presenta una conductividad mucho más

baja al igual que el P1 y P2 ubicados en la comuna Loma Alta, lo cual quiere decir que corresponden a agua fresca con bajos niveles de salinidad.

	CE (us/cm)			
Pozo	sep-08	oct-08	nov-08	dic-08
P3	701.25	691.55	638.87	704.5
P4	722.5	719.33	715.66	718
P1	775	780	780.4	786.8
P2	590	599	605	586
P6	750.57	704.57	702.85	613.14
P9	1572.5	1595.25	1589.42	1434.5

Tabla 17. Datos de Conductividad Eléctrica, tomando valores promedio del periodo de Sep-08 a Dic-09.

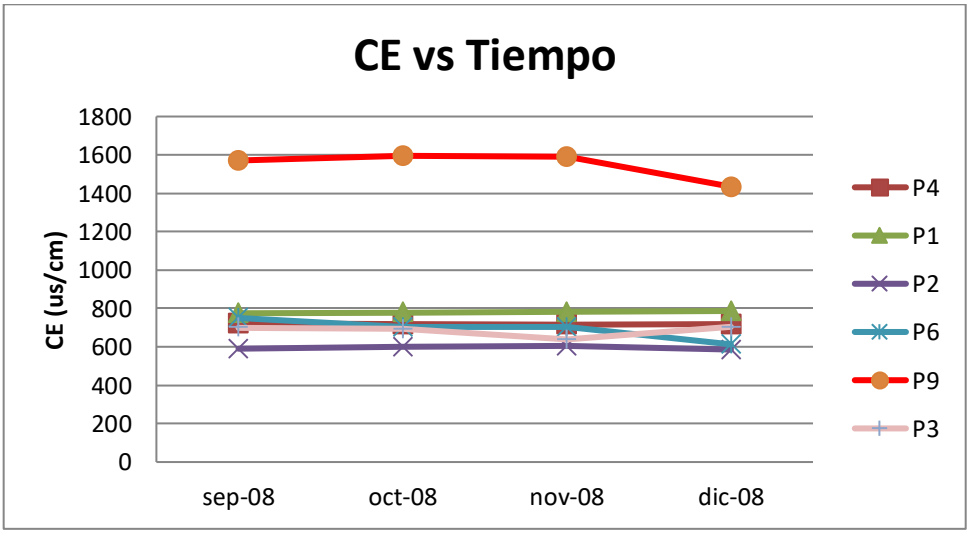


Figura 3.13. Perfiles CE Vs Tiempo, tomando valores promedios del periodo de Sep-08 a Dic-09.

El P3 y P4 se encuentra en la comuna Loma Alta, presentan conductividades similares a las del P1 y P2 que están ubicados en la misma zona, por ende hacen referencia a que el agua es fresca y con baja presencia de salinidad, para los demás pozos no existen registros continuos pero es importante resaltar que

la conductividad para los pozos que están ubicados en las comunas cercanas al perfil costero son valores entre 1500 y 1700 us/cm, es decir presentan una mayor salinidad debido a la intrusión marina.

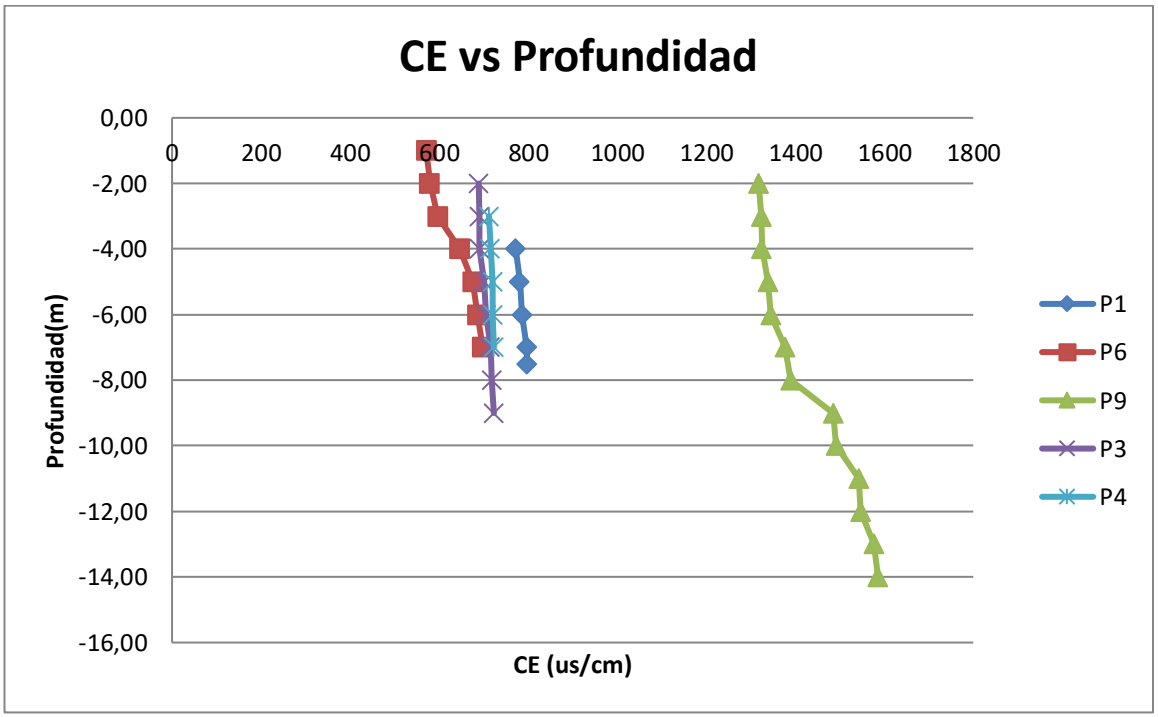


Figura 3.14. Perfil CE vs Profundidad, realizado con valores medidos en el mes de diciembre de 2008.

Al igual que en el gráfico anterior, el P9 es el que muestra el valor más alto de CE, el cual aumenta con respecto a la profundidad indicando una alteración significativa esto se da por la cuña de intrusión marina o algún otro proceso de salinización, los demás pozos mantienen una tendencia lineal en especial los pozos P1, P3, P4 que son los que se encuentran en una de las partes más elevadas de la cuenca y alejados de la zona de intrusión directa.

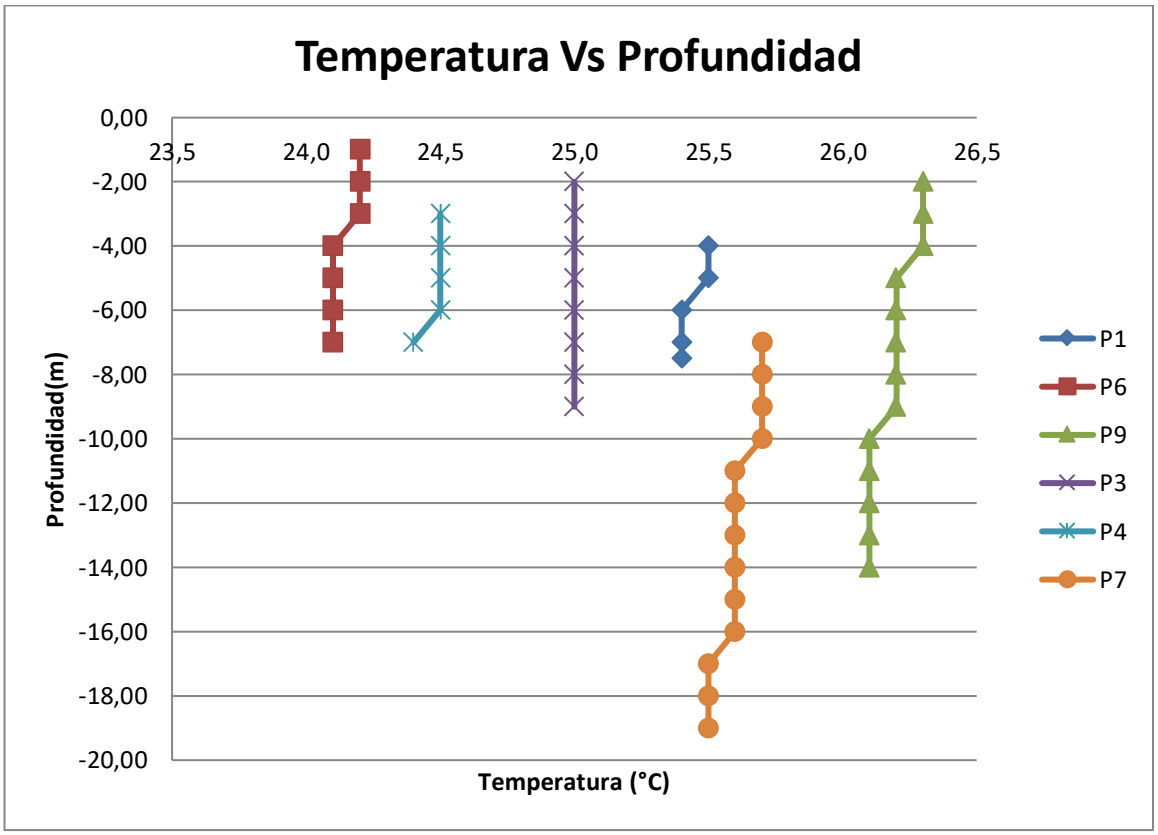


Figura 3.15. Perfil Temperatura vs Profundidad, realizado con valores medidos en el mes de diciembre de 2008.

Para el gráfico anterior se puede observar la particularidad de que la temperatura desciende en casi todos los pozos con un gradiente térmico de 0.1°C/1m aproximadamente, lo cual es algo que sucede generalmente por la influencia de la temperatura superficial en el terreno, los cambios más significativos de temperatura obedecerían a alguna circulación preferencial de un flujo de agua a través de los niveles más permeables, lo que hace posible una circulación más rápida de agua que está directamente relacionada con el área de recarga.

3.6. CALIDAD DE AGUA.

Se tomaron 9 muestras de agua, 8 en los pozos de extracción de la zona y una muestra en el rio Valdivia. Los análisis dieron como resultado que el porcentaje de salinidad del agua es moderadamente alta, para 7 de las muestras, mientras que para 2 de las muestras es moderadamente bajo.

Muestra	pH	CE uS/cm	Cl mg/l	SO_4 mg/l	Dureza CaCO3 mg/l	TSD mg/l	Alcalinidad HCO3 mg/l	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l
C1	7.60	890	152.40	134.9	316	570	265.35	116.8	2.4	32.8	72
L1	7.50	740	70.90	96	200	474	258.6	94.3	5.5	17	52
L2	7.60	620	55.70	73.4	190	397	237.9	71.3	4.7	17	48
S1	7.20	1792	258.80	177.6	647	1024	270.8	135.7	7.8	45.4	112
B	7.40	1830	223.34	281.76	480	1056	305	170.9	6.65	42.53	122
C2	7.30	1250	205.60	309.6	374	800	320.9	227	5.1	42.3	80
C3	7.40	1941	390.00	199.7	520	1120	314.8	224.3	7	58.3	112
RV	7.80	940	159.50	322.60	340	602	280.6	204.5	5.1	42.6	60
S2	7.50	1468	216.30	194.9	365	845	272.1	165.6	4.7	31.6	94

Tabla 18. Análisis de Agua en el área de estudio.

C= Carrizal

L=Loma Alta

S=Sinchal

B=Barcelona

RV= Río Valdivia

A partir de los datos de CE y SAR, se utilizó como norma de calidad de agua la clasificación de Riverside.

CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

Cuenca del Río Valdivia(Marzo-2010)

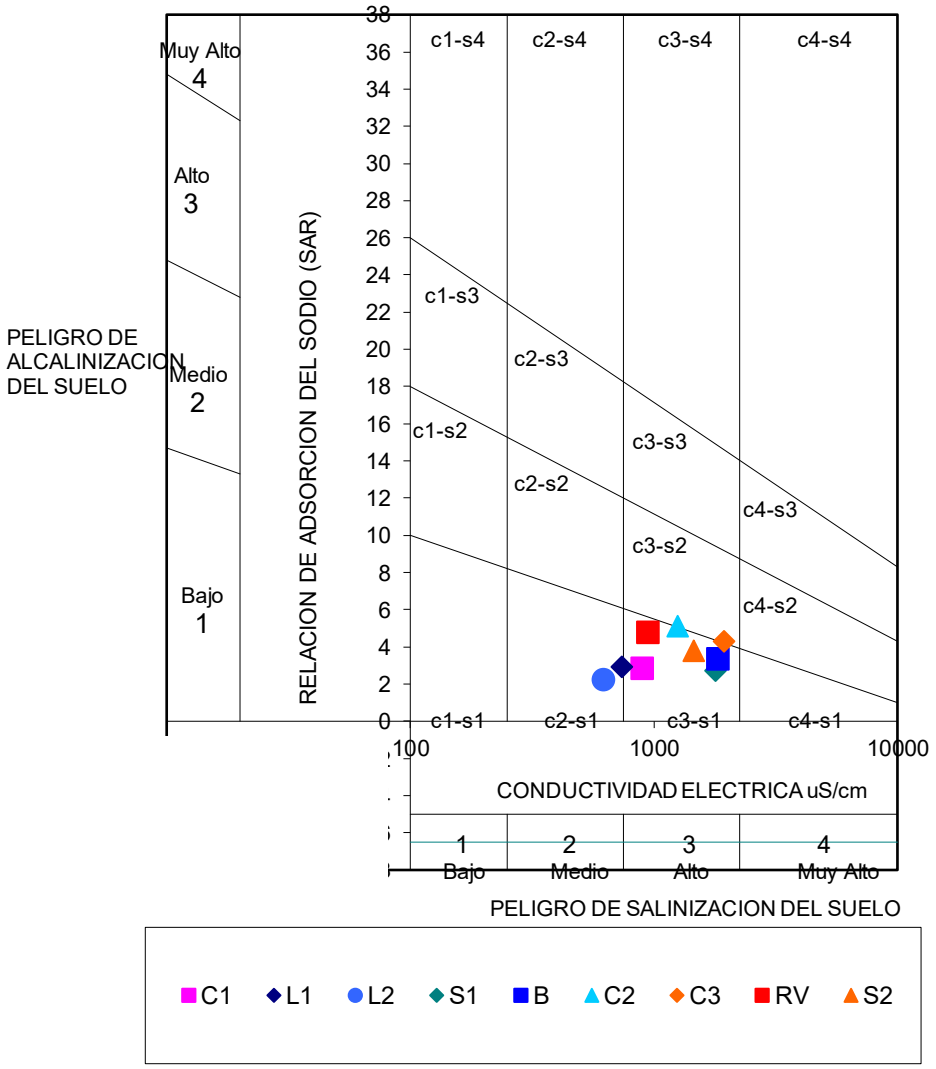


Figura 3.16. Clasificación de las aguas para riego en la zona de estudio.

Tipos.	Calidad y normas de uso.
$C_{1.}$	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
$C_{2.}$	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
$C_{3.}$	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
$C_{4.}$	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
$C_{5.}$	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
$C_{6.}$	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
$S_{1.}$	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
$S_{2.}$	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y

	franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiable del suelo, corrigiendo en caso necesario
S_3.	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S_4.	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Tabla 19. Clasificación de las aguas según las normas Riverside.
(Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973))

Según el gráfico y la tabla anterior, una muestra tiene una clasificación C2S1 y los 8 restantes pertenecen al tipo C3S1, según RIVERSIDE indica que:

C2: Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

C3: Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

S1: Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

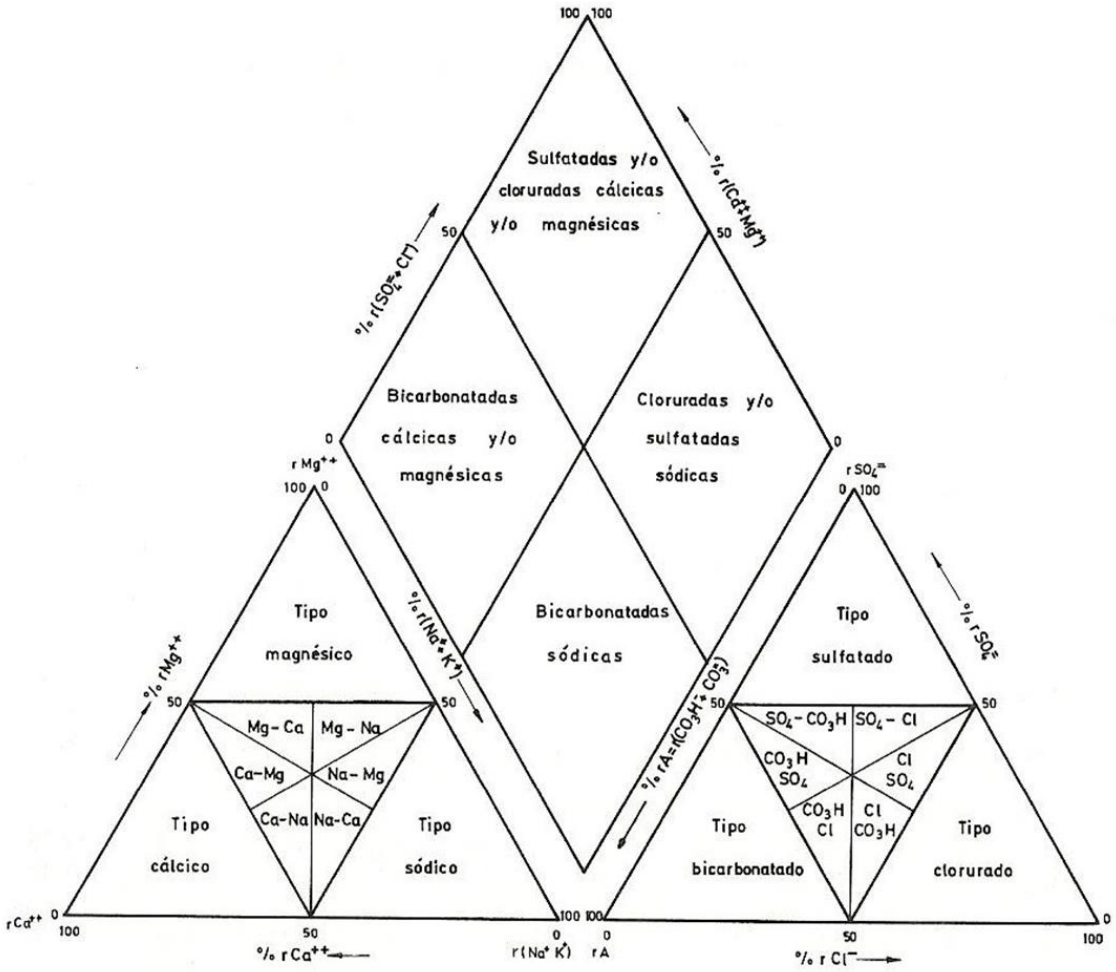


Figura 3.17. Diagrama de Piper para clasificación de agua por sus aniones o cationes. (Fuente: Curso de Hidrología Subterránea en Zonas Costeras, ESPOL, OIEA, 2009)

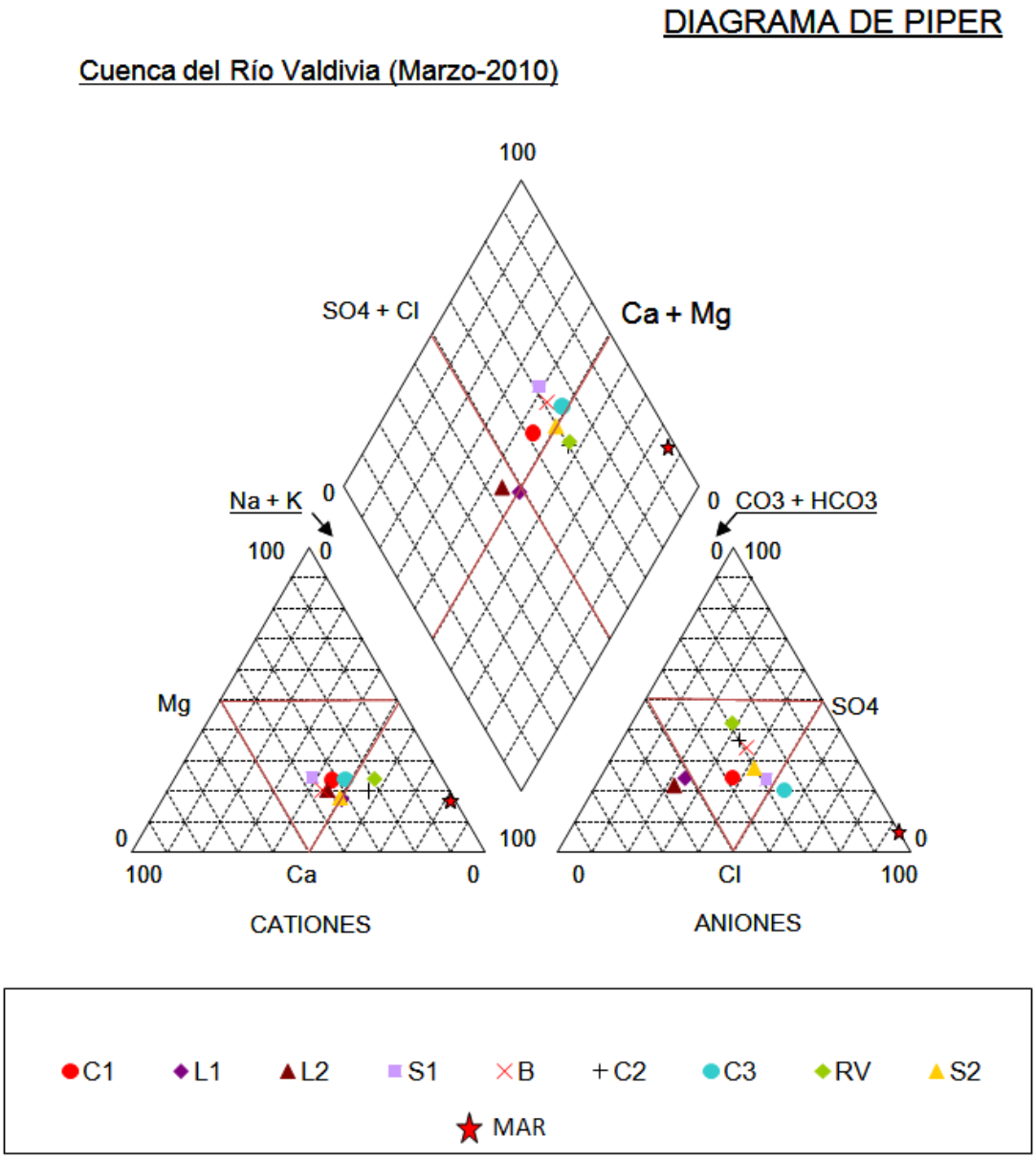


Figura 3.18. Diagrama de Piper para las muestras de agua de la zona de estudio.

Con el diagrama de Piper podemos caracterizar de mejor forma nuestras muestras de agua, sobre todo con respecto a la composición aniónica o catiónica de estas.

- C1: Corresponde al pozo P5, en la comuna Carrizal

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Clorurada-Sódica-Cálcica.

- L1: Corresponde al pozo P1, en la comuna Loma Alta.

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Sódica.

- L2: Corresponde al pozo P2, en la comuna Loma Alta.

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Sódica-Cálcica.

- S1: Corresponde al pozo P8, en la comuna Sinchal.

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Clorurada-Sódica-Cálcica.

- B: Corresponde al pozo P11, en la comuna Barcelona.

  Tipo de agua: Clorurada-Sulfatada-Sódica-Cálcica.

- C2: Corresponde al pozo P6, en la comuna Carrizal.

  Tipo de agua: Clorurada-Sulfatada-Sódica.

- C3: Corresponde al pozo P7, en la comuna Carrizal

  Tipo de agua: Clorurada-Sódica-Cálcica.

- RV: Corresponde al Río Valdivia.

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Clorurada-Sulfatada-Sódica.

- S2: Corresponde al pozo P9, en la comuna Sinchal.

  Tipo de agua: Bicarbonatada-Clorurada-Sódica-Cálcica.

CAPÍTULO IV.

IV. USOS POTENCIALES DEL AGUA EN LA ZONA.

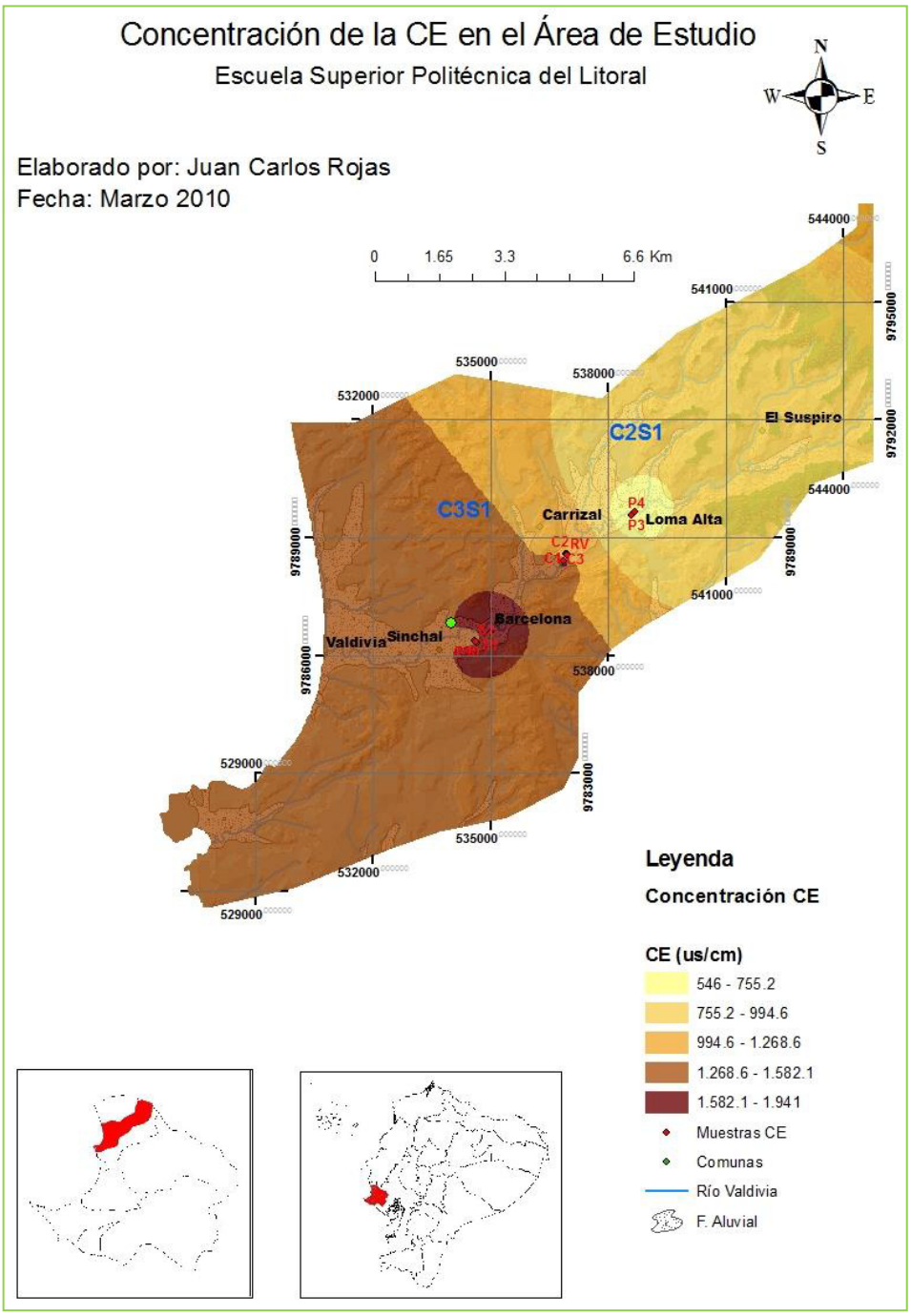
4.1. AGRICULTURA.

En el capitulo anterior se definió las características físico químicas del agua subterránea presente en la zona de estudio, la cual se la catalogó por la clasificación RIVERSIDE, dándonos como resultado 2 clases de agua para riego C2S1 y C3S1. Por tal motivo se debe buscar el uso de cultivos con alta y mediana tolerancia a la salinidad como los descritos a continuación:

- Tolerancia Alta: Esparrago, palma, pastizal
- Tolerancia Media: Melón, olivo, uva, maíz, arroz, caña de azúcar, tomate, coliflor, col, lechuga, papa, cebolla, pimiento, berenjena.
- Tolerancia Escasa: Limón, mango, papaya, zanahoria, fresa, ajo, manzano, aguacate, cereza.

En la Comuna Loma Alta, donde existen 4 pozos de extracción de agua se puede realizar la agricultura de cultivos con tolerancia media, debido a que el agua subterránea tiene una mejor calidad sobre todo en lo que respecta a la salinidad, considerándola agua fresca de recarga.

En las demás comunas, que están dentro de la Cuenca del Río Valdivia en especial las que se encuentran cercanas al mar se recomienda la realización de cultivos con tolerancia alta a la salinidad, sobre todo evitando la sobreexplotación del recurso hídrico para evitar una mayor afectación por la intrusión marina.



Mapa 9. Concentración de la CE en el área de estudio, tomando valores promedio para el periodo Agosto de 2008 a Diciembre de 2009

4.2. USOS PECUARIOS, AVÍCOLAS Y CAMARONEROS.

En la zona de estudio existen las siguientes actividades de producción pecuaria: ganadería bovina de doble propósito; ganadería bovina de carne; ganadería de leche; avicultura de carne, y crianza de caprinos.

La ganadería bovina es predominantemente extensiva y los indicadores técnicos arrojan datos muy bajos en cuanto a rendimientos, la alimentación es fundamentalmente a partir de pastos naturales los que no presentan las mejores composiciones alimenticias para el ganado, y con baja relación de unidad animal por superficie, por todos estos indicadores el uso del agua subterránea para el riego de los pastizales no sería muy recomendable, sobre todo si se sigue trabajando de la misma forma, lo cual incurre en un baja productividad y mal gasto del recurso hídrico. Se debería pensar primeramente en proyectos de pastizales, teniendo en cuenta las características del agua de cada zona y posteriormente implementar una ganadería intensiva, optimizando los recursos y llevando un mayor control sanitario del ganado.

Con el fin de evitar el avance de la intrusión marina en el acuífero de la cuenca del rio Valdivia, se recomienda evitar la actividad camaronera, sobre todo a una gran escala, ya que para la producción de camarón se necesita gran cantidad de terreno para la elaboración de piscinas y el bombeo continuo de agua salada hacia ellas, donde parte de esta se infiltra alterando las características químicas del acuífero y ocasionando básicamente una intrusión marina artificial en el acuífero.

4.3. REFORESTACIÓN.

Con la determinación de los límites y geometría del acuífero, se pudo observar el sentido del flujo del agua, el cual inicia en la parte más alta de la cuenca,

justamente donde se da la recarga del acuífero; esto es a la altura de las comunas El Suspiro y Loma Alta, es por tal motivo de suma importancia la reforestación de esta zona con especies maderables de corto y largo plazo para evitar la tala exagerada de árboles y la erosión de esta zona de recarga. Las especies que se podrían cultivar en la zona, son variadas debido a que en este sector la salinidad es baja.

4.4. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.

El servicio de agua para consumo humano en la cuenca del río Valdivia está a cargo de cuatro Sistemas Comunitarios: la Junta Regional Valdivia, la Junta Loma Alta, el Comité La Unión y el Comité El Suspiro. Estos tres últimos ubicados en recintos de la comuna Loma Alta que por encontrarse en la cabecera de la cuenca, dispone de abundante agua y es por eso que ha sido posible la individualización de los sistemas. Cada sistema perteneciente a la Comuna Loma Alta es independiente, sirviendo a unos 300 usuarios en total. (Rivadeneira G., Peralta J.)

En lo que respecta a la regional Valdivia cuenta con 1.700 usuarios que representan a cerca de 19.000 habitantes de las comunidades Carrizal (Rivadeneira G., Peralta J.), Barcelona, Sinchal, Valdivia y San Pedro, siendo el Sistema Comunitario más grande. Pero a diferencia de la junta de Loma Alta, esta regional tiene problemas de escases y calidad del agua debido a la presencia de la intrusión marina en esta parte del acuífero.

Los pozos que presentan niveles más altos de los permitidos para el consumo, sobre todo en los que respecta a Cloruro y Sodio, son los ubicados en las comunas Sinchal y Carrizal. Es por tal motivo que se debe procurar una mejor distribución del recurso, promoviendo la recarga natural en la parte alta de la

cuenca (Loma Alta y El Suspiro) con la finalidad de garantizar el abastecimiento de agua subterránea en la parte baja de esta cuenca (Sinchal, Carrizal). Ver ***Tabla 20, Tabla 21***.

INFORME DE APTITUD AGUA PARA CONSUMO				
Muestra	Loma Alta 1		**Fecha**	26/04/2008
Parámetros indicadores				
	Límite	**Valor**	**Norma INEN 1108**	**Alerta**
Aluminio	200 ug/l		250 ug/l	
Cloruro	250 mg/l	70.9	250 mg/l	
C.E.	2500 uS/cm	740	2500 uS/cm	
Hierro	200 ug/l		300 ug/l	
Manganeso	50 ug/l		100 ug/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5-9.5	7.5	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	94.3	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	96	200 mg/l	

Tabla 20. Informe de aptitud de agua para consumo, muestra Loma Alta1.

INFORME DE APTITUD AGUA PARA CONSUMO				
Muestra	Carrizal 3		**Fecha**	26/04/2008
Parámetros indicadores				
	Límite	**Valor**	**Norma INEN 1108**	**Alerta**
Aluminio	200 ug/l		250 ug/l	
Cloruro	250 mg/l	389.95	250 mg/l	XXX
C.E.	2500 uS/cm	1750	2500 uS/cm	
Hierro	200 ug/l		300 ug/l	
Manganeso	50 ug/l		100 ug/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5-9.5	7.4	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	224.25	200 mg/l	XX
Sulfato	250 mg/l	199.68	200 mg/l	

Tabla 21. Informe de aptitud de agua para consumo, muestra Carrizal 3.

Los informes de aptitud de agua para consumo fueron realizados con la aplicación en formato Excel INAQUAS, que permite de manera sencilla la interpretación de análisis químicos de aguas subterráneas destinadas al consumo humano, el envasado o al riego. Esta aplicación utiliza la normativa española R.D 140/2003.

Para más informes de aptitud de agua de consumo Ver ***Anexo 7.3.***

CAPÍTULO V.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

- Con la correlación de la información geológica y las campañas geoeléctricas se definió los límites y la geometría de las unidades acuíferas de la cuenca del río Valdivia, constando de una unidad permeable compuesta por gravas y arenas de espesor variable entre 14 y 17 m. y debajo de esta, una unidad impermeable conformada principalmente por lutitas de la formación Socorro de baja resistividad consideradas impermeables.

- Se estimó las reservas del acuífero en base a los perfiles geoeléctricos y piezométricos, tomando en cuenta que el área que ocupa el acuífero es aproximadamente 16 km^2 y su potencia es de 14 m. El volumen del acuífero calculado en AutoCad es aproximadamente 229'000.000 m^3, considerando una porosidad del 20% las reservas serán de aproximadamente 45'800.000 m^3

- El acuífero donde se almacena el agua subterránea, está ubicado en el área que corresponde al cauce del río Valdivia a lo largo de la cuenca del mismo, con una dirección de flujo de Noreste a Suroeste, es decir desde las comunas más elevadas de la cuenca como son El Suspiro y Loma Alta hacia el mar.

- De acuerdo a la clasificación que propone el IGME el acuífero de la cuenca del río Valdivia es poroso-freático-costero.

- La zona más apropiada para la construcción de un pozo de agua es donde se encuentra el campo de pozos de la comuna Loma Alta, debido a que el agua tiene una mejor calidad, sobre todo si se piensa en el abastecimiento de agua para consumo.

- Tomando en consideración los datos de precipitación, evapotranspiración real, demanda de agua y reservas del acuífero se realizó un balance hídrico del acuífero de la cuenca del río Valdivia que se presenta a continuación:

Los datos de recarga y ETP fueron calculados en el punto 2.5.3. con datos de precipitación promedio por año en el periodo de 1975 a 2007.

Para efectos de cálculo se tomó como consumo promedio de agua por habitante 50 lt/día, considerando una población de 20.000 habitantes en toda la cuenca (Rivadeneira G., Peralta J.)

BALANCE HÍDRICO		
	mm/año	m3/año
Precipitación	443	7'254.658
ETP	394.4	6'452.224
Recarga y Escorrentía 1	49.5	810.000
Recarga y Escorrentía 2	2.7	44.200
Demanda	-	365.000
Reservas	-	45'800.000

Tabla 22. Balance Hídrico del acuífero de la cuenca del río Valdivia

Para el cálculo de la recarga 1 se tomaron en cuenta todos los datos del registro histórico de 1975 a 2007, incluyendo los datos aberrantes que coinciden con fenómenos naturales que azotaron con gran fuerza las costas ecuatorianas (1983 y 1998), estos datos alteran significativamente el promedio de infiltración y escorrentía. A diferencia del caso anterior si

no se toman estos valores aberrantes, la recarga disminuye a tal punto de que se daría un déficit con respecto a la demanda de la zona.
Este balance se realizó con la información de la demanda de agua para consumo humano, pero no se tomo en cuenta la demanda para uso agrícola debido a que no se tienen datos de los pozos particulares.

- Con la elaboración de los perfiles se pudo determinar que la superficie piezométrica se encuentra a 1.5 m. aproximadamente desde la superficie, en las zonas más altas de la cuenca y en las zonas media y baja se encuentra a 5 m. de profundidad.

- Los análisis químicos de calidad de agua subterránea dan una clasificación C2S1-C3S1, según la clasificación de agua para riego RIVERSIDE, esto indica que el agua posee rangos de mediana a alta salinidad, lo cual limita el tipo de cultivos a implementar en la zona.

- Con el mapa de CE, se pudo observar que la zona de alta salinidad se extiende desde el perfil costero hasta aproximadamente 6 km hacia adentro de la cuenca y abarca un área vulnerable de aproximadamente 72 km^2 donde están asentadas las comunas Valdivia, Sinchal y Barcelona.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar una campaña de prospección geoeléctrica más a detalle, sobre todo en las zonas más bajas de la cuenca y las zonas donde se da parte

de la recarga (Loma Alta), y de ser posible tanto en la época húmeda como en la de estiaje, para realizar una mejor delimitación y determinación geométrica de las unidades hidrogeológicas.

2. Realizar un balance hídrico a mayor detalle del sector, incluyendo los pozos particulares con el fin de determinar la recarga y descarga del acuífero, además de definir la variación espacial y temporal de la recarga.

3. Realizar pruebas de bombeo para cumplir con una mejor caracterización hidrodinámica del acuífero, mediante el análisis de parámetros hidrogeológicos como son: coeficiente de almacenamiento, permeabilidad, conductividad hidráulica y transmisividad, además de realizar pruebas de dilución en los pozos que presten las mejores condiciones, para determinar la velocidad horizontal del acuífero hacia el mar.

4. Mantener un control periódico regular de los niveles piezométricos de los pozos.

5. Realizar algún proyecto de tratamiento de efluentes y recuperación de aguas, que demande un bajo costo operativo con tecnología amigable para el ecosistema como son los REED BEDS o pantanos secos artificiales, esto ayudaría a la reutilización del agua sobre todo para labores de agricultura y alargar la vida útil del acuífero permitiéndole una mayor capacidad de recarga.

6. Estimular con campañas de concientización la conservación del Bosque Protector Chongón Colonche, perteneciente casi en su totalidad a la Comuna Loma Alta, el cual es un bosque nublado con remanentes de vegetación nativa que genera gran cantidad agua sobre todo por las precipitaciones que se dan en él y que constituyen la principal zona de recarga del acuífero.

CAPÍTULO VI.

VI. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA.

1. CURSO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA SUBTERRÁNEA EN ZONAS COSTERAS. ESPOL, OIEA Y MUNICIPALIDAD DE STA. ELENA, Hidráulica e hidrogeología clásica, Guayaquil, Noviembre de 2009.

2. CURSO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA SUBTERRÁNEA EN ZONAS COSTERAS. ESPOL, OIEA Y MUNICIPALIDAD DE STA. ELENA, Hidroquímica de aguas subterráneas, Guayaquil, Noviembre de 2009.

3. CIPAT-ESPOL, INFORME TÉCNICO., Prospección geoeléctrica de agua subterránea en la comuna Carrizal, 2009, 6p.

4. CIPAT-ESPOL, INFORME TÉCNICO. Prospección geoeléctrica de agua subterránea en El Suspiro, 2009, 15p.

5. PROYECTO SICA, Estudio potencial agroindustrial y exportador de la Península de Santa Elena y de los recursos necesarios para su implementación, ESPOL, CEDEGE, Universidad de Florida, Ministerio de Agricultura (MAG), 2002.

6. NUÑEZ E. ESPOL-FICT, Geología del Ecuador, 2003.

7. BENITEZ A., Captación de aguas subterráneas. Dossat. 1972, p153.

8. RIVADENEIRA G., PERALTA J., Programa de investigación interdisciplinaria y capacitación interactiva sobre gestión local de agua y políticas hídricas en la región andina, Consejo de Desarrollo de los Pueblos y Nacionalidades del Ecuador (CODENPE), 2009.

9. ROMERO P., Estudio geoeléctricos y planeamiento de explotación de aguas subterráneas en el sector de Santa Elena, Atahualpa, Ancón y Pechiche, ESPOL-FICT, 2002, 261p.

10. MONTALVÁN F., Caracterización geoeléctrica del acuífero de la cuenca del río Olón para propuesta de plan de explotación, ESPOL-FICT, 2008, 161p.

11. JIMÉNEZ S., Elaboración de un plan de explotación de aguas subterráneas en una zona de la Península de Santa Elena, mediante la aplicación de métodos resistivos, ESPOL-FICT, 2008, 112p.

12. AMADO J., Estudio hidrogeológico de la cuenca baja del río Manglaralto, provincia del Guayas, ESPOL-FICT, 1990, 337p.

13. CARRIÓN P., Estudio geoambiental del envejecimiento de tuberías metálicas. Aplicación a los pozos de agua. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1996, 397p.

14. E. N. KALENOV, Interpretación de curvas de sondeos eléctricos verticales, 1987.

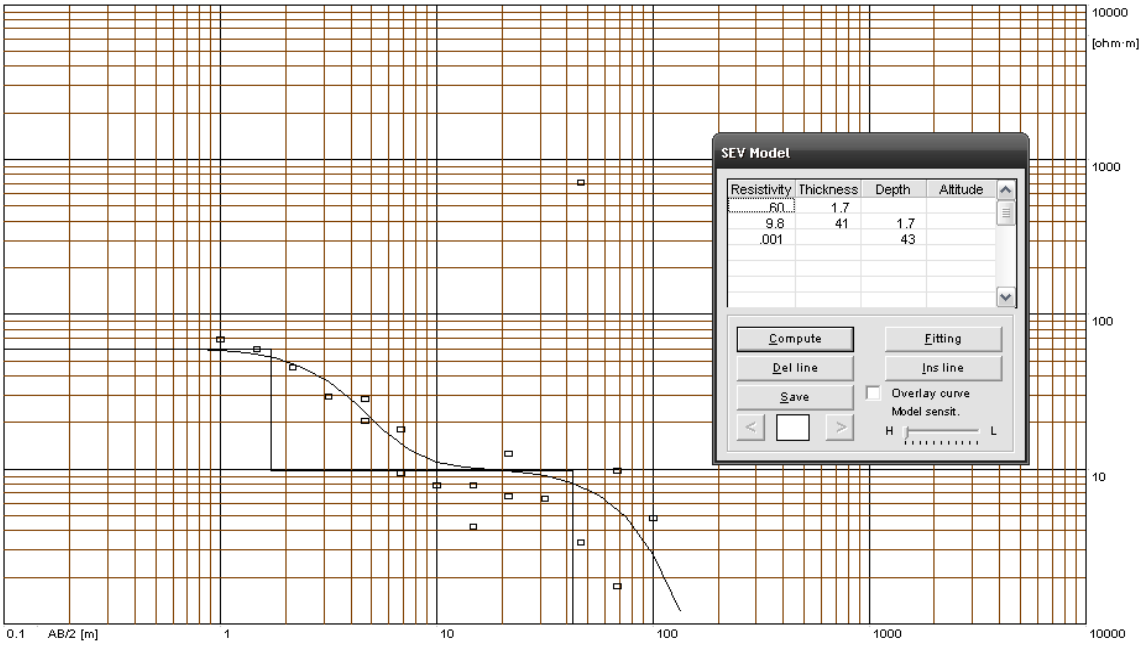
15. SANTIAGO I. Fundamentos de ArcGis, tutorial de lecturas, 2005.

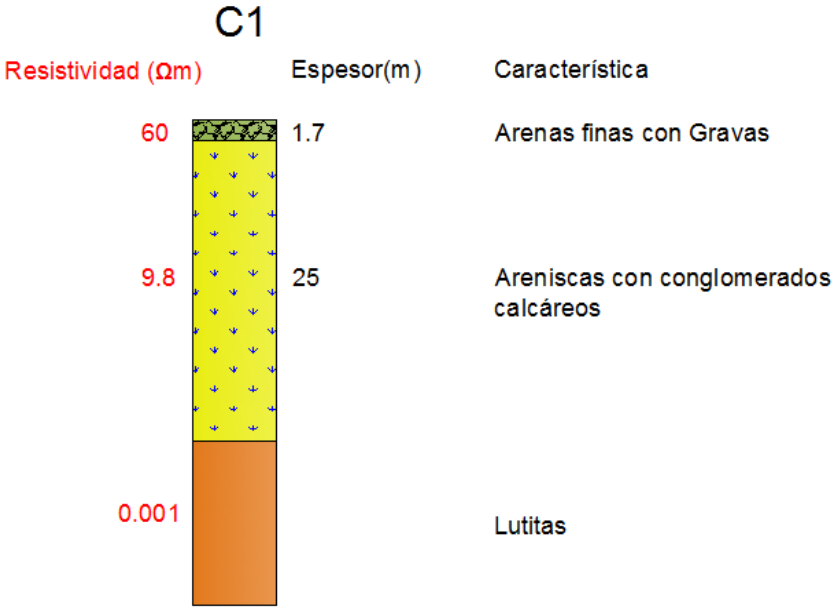
CAPÍTULO VII.

VII. ANEXOS

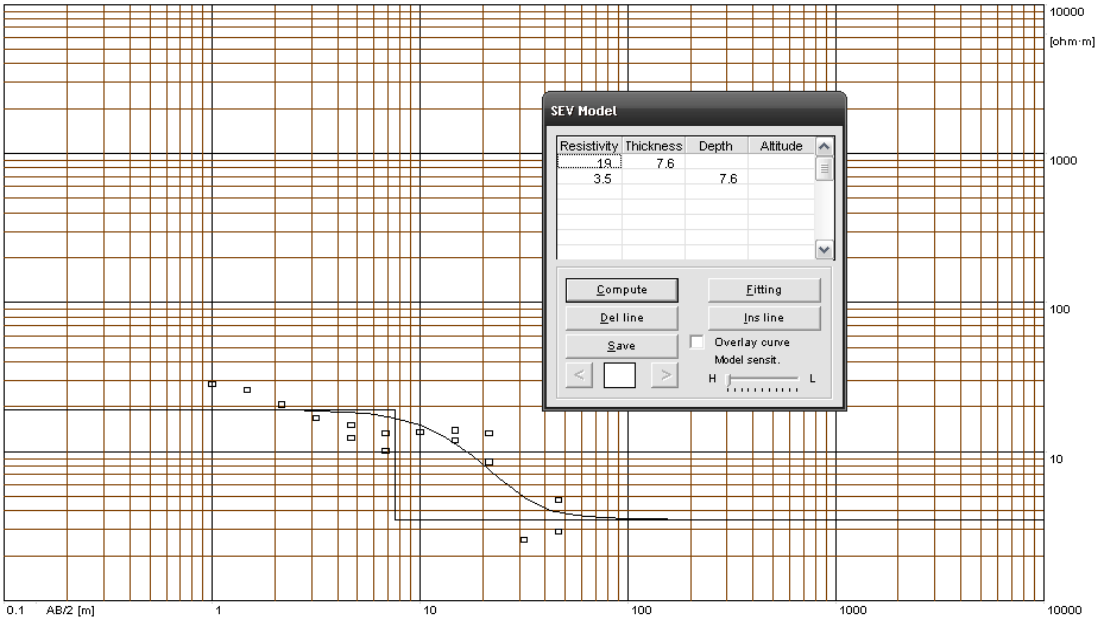
7.1 Columnas geoeléctricas en Carrizal y El Suspiro

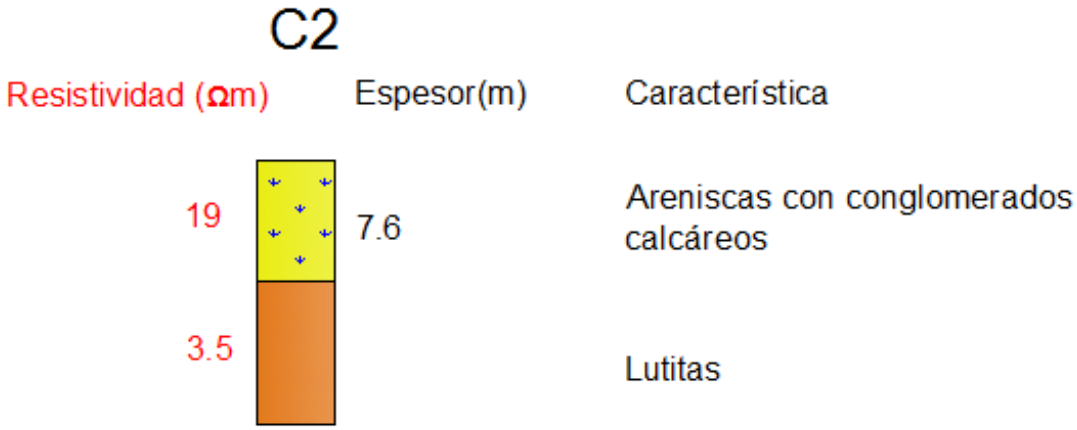
Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – C1



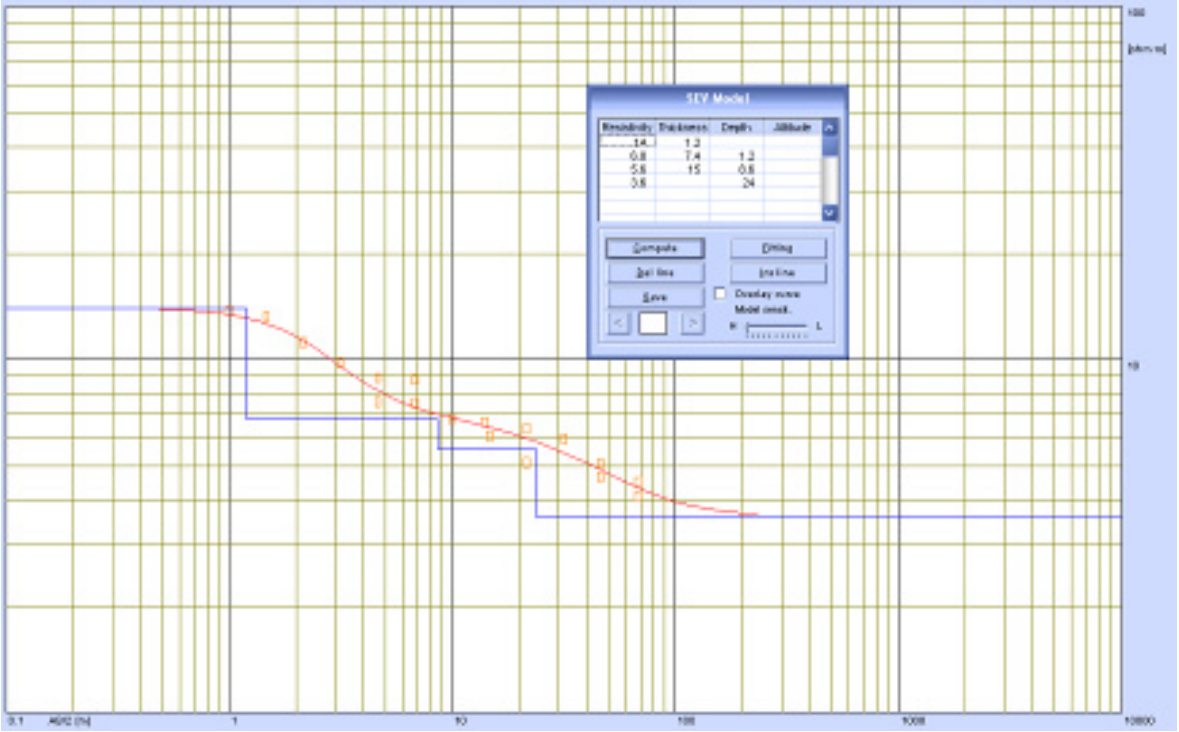


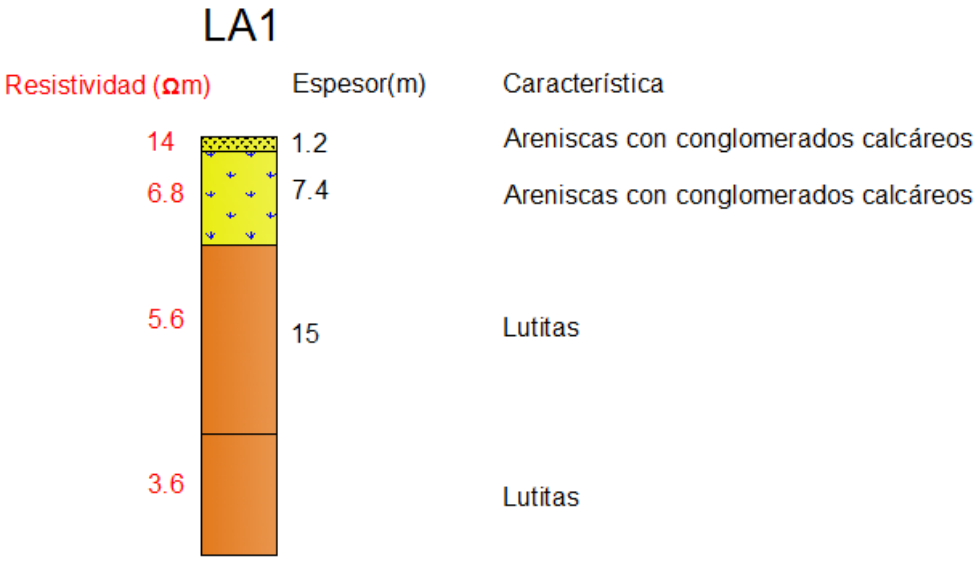
Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – C2



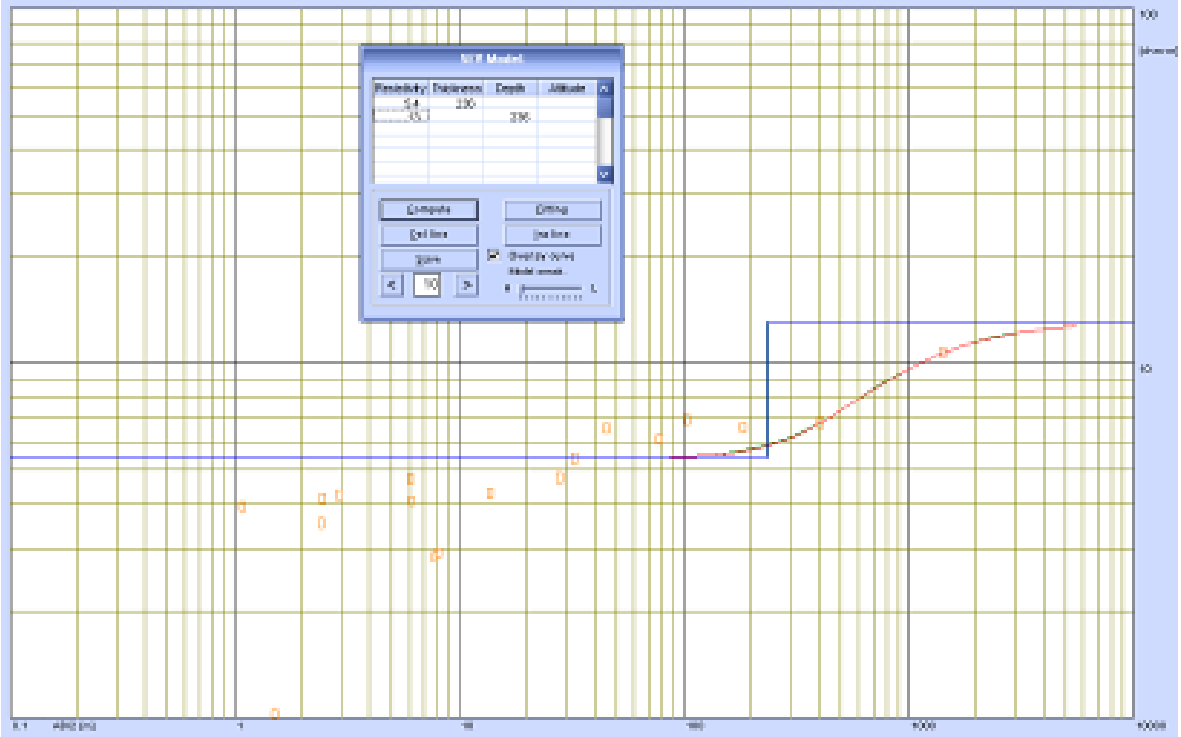


Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – LA1





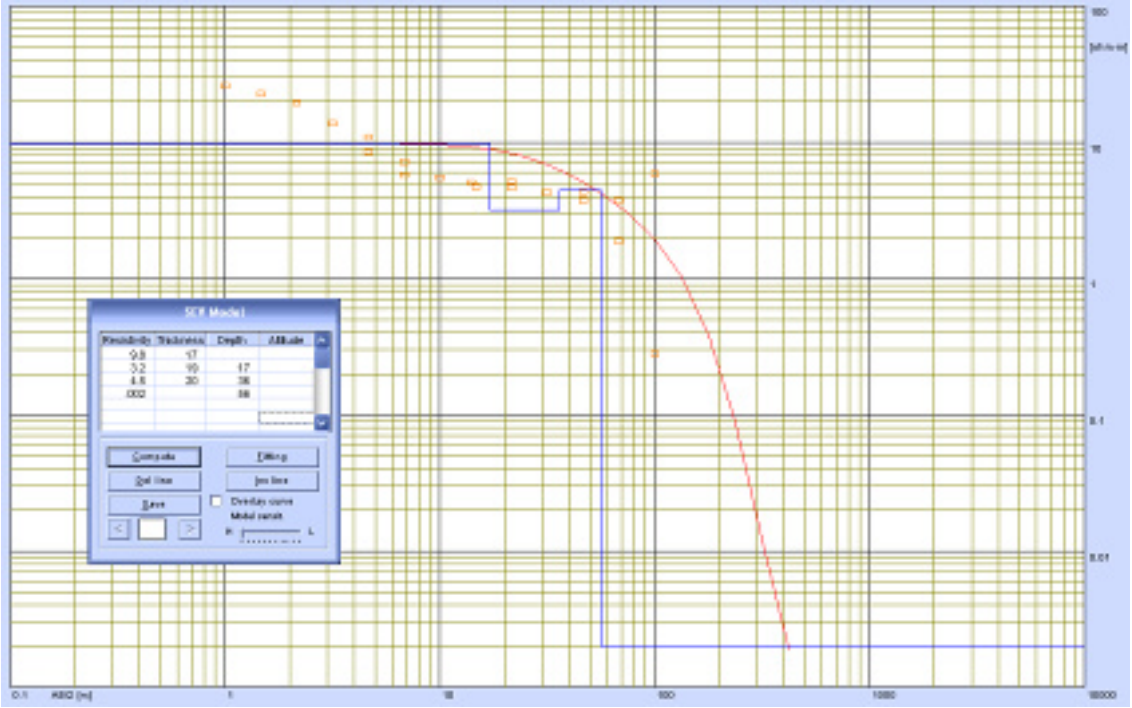
Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – LA2



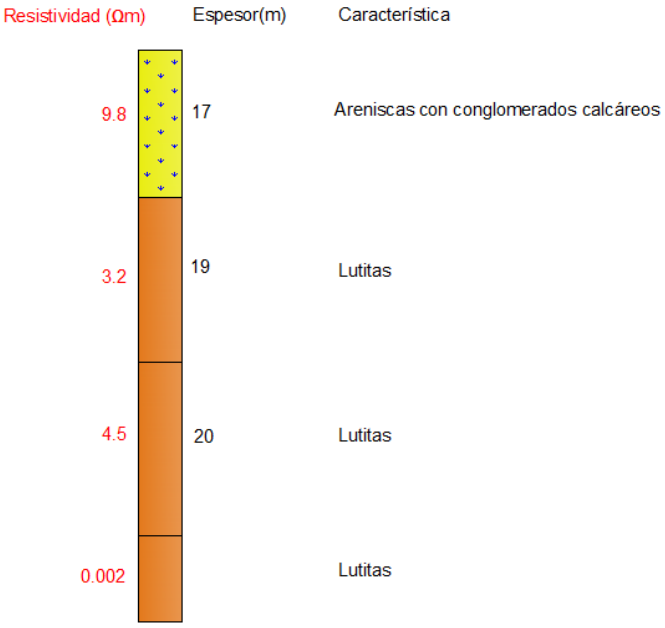
LA2

Resistividad (Ωm)	Espesor(m)	Característica
5.6	236	Lutitas
13		Areniscas con conglomerados calcáreos

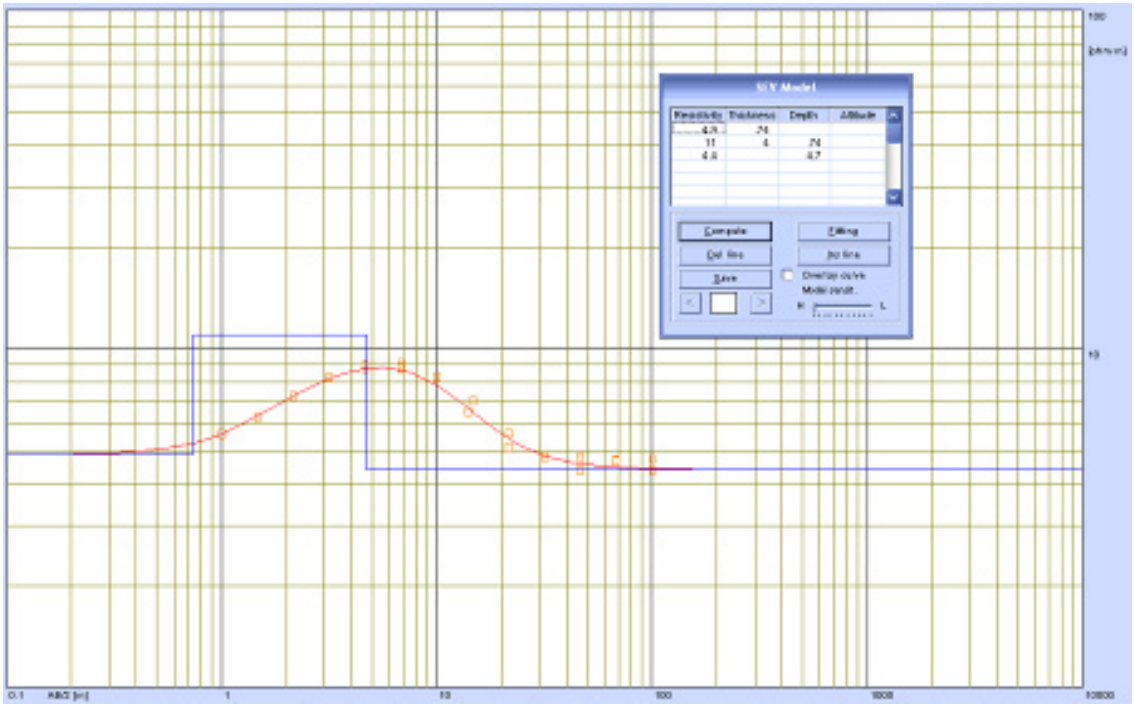
Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – LA3

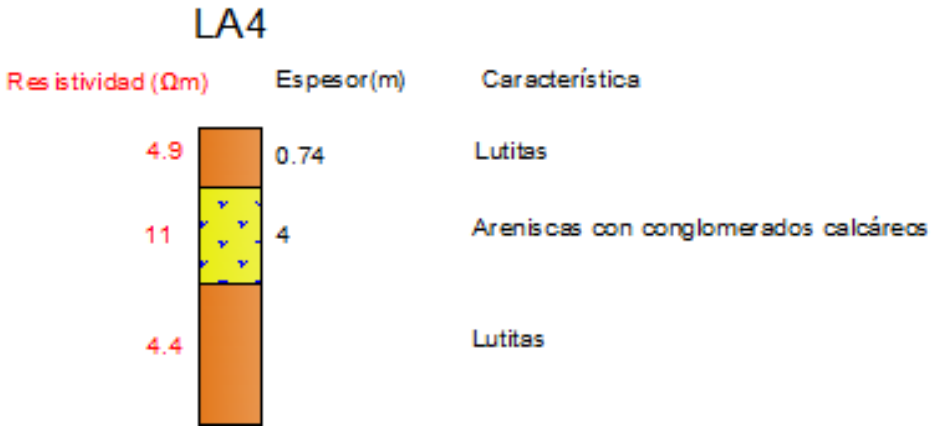


LA3



Interpretación del Sondeo Eléctricos Schlumberger – LA4





7.2 Fotos

Foto 3. Depósitos aluviales del Río la Guaca y calizas de la Formación Socorro depositadas en el lecho del río.

Foto 4. Agujeros en Calizas de la Formación Socorro debido a la disolución por acción del agua.

7.3 Informes de aptitud de agua para consumo y riego realizados con el software INAQUAS

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Carrizal 1 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0.00	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0.00	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	152.44	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	890	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.6	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	116.84	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	134.88	200 mg/l	

Se trata de un agua medianamente dura, con una CE de 890 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C2) Agua de salinidad media, puede emplearse en todo tipo de suelos excepto en los de baja permeabilidad, no suele ser necesario precauciones especiales.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Loma Alta 1 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0.00	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0.00	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	70.9	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	740	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.50	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	94.30	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	96	200 mg/l	

Se trata de un agua medianamente blanda, con una CE de 740 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C1) Agua poco salina que puede emplearse en todo tipo de suelos y bajo cualquier cultivo.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Loma Alta 2 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	55.66	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	620	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.6	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	71.3	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	73.44	200 mg/l	

Se trata de un agua medianamente blanda, con una CE de 620 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C1) Agua poco salina que puede emplearse en todo tipo de suelos y bajo cualquier cultivo.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Sinchal 1 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0.76	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	258.79	250 mg/l	X
C.E.	2500 µS/cm	1600	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.2	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	135.7	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	177.6	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 1600 µS/cm y pH próximo a la neutralidad.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C3) Agua de alta salinidad, no puede emplearse en suelos con drenaje restringido, es necesario llevar un control adecuado y evitar su uso con cultivos sensibles a la salinidad.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Barcelona **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	223.34	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	1650	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.4	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	170.89	200 mg/l	XX
Sulfato	250 mg/l	281.76	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 1650 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C3) Agua de alta salinidad, no puede emplearse en suelos con drenaje restringido, es necesario llevar un control adecuado y evitar su uso con cultivos sensibles a la salinidad.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Carrizal 2 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	205.61	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	1250	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.3	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	227.01	200 mg/l	XX
Sulfato	250 mg/l	309.6	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 1250 µS/cm y pH próximo a la neutralidad.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C2) Agua de salinidad media, puede emplearse en todo tipo de suelos excepto en los de baja permeabilidad, no suele ser necesario precauciones especiales.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Carrizal 3 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	389.95	250 mg/l	XXX
C.E.	2500 µS/cm	1750	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.4	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	224.25	200 mg/l	XX
Sulfato	250 mg/l	199.68	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 1750 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C3) Agua de alta salinidad, no puede emplearse en suelos con drenaje restringido, es necesario llevar un control adecuado y evitar su uso con cultivos sensibles a la salinidad.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Río Valdivia **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	159.53	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	940	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.8	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	204.47	200 mg/l	XX
Sulfato	250 mg/l	322.56	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 940 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C2) Agua de salinidad media, puede emplearse en todo tipo de suelos excepto en los de baja permeabilidad, no suele ser necesario precauciones especiales.

INFORME APTITUD AGUA DE CONSUMO

Muestra Sinchal 2 **Fecha** 26/04/2008

Parámetros físico-químicos

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Arsénico	10 µ/l		10 µ/l	
Boro	1 mg/l		0.3 mg/l	
Cadmio	5 µg/l		3 µg/l	
Cianuro	50 µg/l		0 mg/l	
Cobre	2 mg/l		1 mg/l	
Cromo	50 µg/l		50 µg/l	
Fluoruro	1.5 mg/l		1.5 mg/l	
Mercurio	1 µg/l		0 mg/l	
Niquel	20 µg/l		20 µg/l	
Nitrato	50 mg/l	0	10 mg/l	
Nitrito	0.5 mg/l	0	0 mg/l	
Plomo	25 µg/l		10 µg/l	
Selenio	10 µg/l		10 µg/l	

Parámetros indicadores

	Límite	Valor	Norma INEN 1108	Alerta
Aluminio	200 µg/l		250 µg/l	
Cloruro	250 mg/l	216.25	250 mg/l	
C.E.	2500 µS/cm	1320	2500 µS/cm	
Hierro	200 µg/l		300 µg/l	
Manganeso	50 µg/l		100 µg/l	
Oxidabilidad	5 mg O2/l		5 mg O2/l	
pH	6.5 -9.5	7.5	6.5-8.5	
Sodio	200 mg/l	165.6	200 mg/l	
Sulfato	250 mg/l	194.88	200 mg/l	

Se trata de un agua Dura, con una CE de 1320 µS/cm y pH ligeramente básico.

(S1) Muestra una relación de adsorción de sodio baja y puede emplearse en todo tipo de suelo.

(C2) Agua de salinidad media, puede emplearse en todo tipo de suelos excepto en los de baja permeabilidad, no suele ser necesario precauciones especiales.