

Proyecto apoyado por



MODELO DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO PARA USO AGROPECUARIO



Contenido

- 1. Marco Inicial**
- 2. Descripción proyecto**
- 3. Desarrollo del proyecto y resultados**
- 4. Trabajos propuestos a futuro**

Marco Inicial

PROBLEMÁTICA ACTUAL (años 2012-2013)

Inicio - Chile, Economía

Crítica falta de agua viven miles de agricultores en Ñuble

Miércoles 13 febrero 2013 | 17:45 - Actualizado: 17:45
Publicado por [Erasmio Tauran](#) | La Información es de [Arturo Hernández](#) · 216 visitas

Pozos sin agua debido al déficit hídrico y el desplazamiento de las napas subterráneas a raíz del terremoto, mantienen en una situación crítica a 10.500 personas de la provincia de Ñuble.

Para mitigar este problema, la oficina provincial de emergencias cuenta con 26 camiones aljibes que proporcionan agua a 17 comunas y que trabajarán en el servicio de abastecimiento hasta fines de abril.

El encargado de emergencia zonal, Daniel Sepúlveda, se refirió al estado actual de los pozos, el principal problema de las comunidades rurales:



Imagen: José Francisco Zúñiga | Agencia Uno

NOTICIAS RELACIONADAS

- Preocupación por falta de agua para el ganado en Ñuble y Bío Bío
- Gestionan camiones aljibe para combatir falta de agua en Ñuble
- Agricultores: A fin de año ya no habría agua para cultivos en Ñuble

El director del Servicio Agrícola y Ganadero Regional, Leonidas Valdivieso, llamó a los agricultores a que postulen a "franjas de infiltración" para acumular agua lluvia y así abastecer el consumo humano y animal, en reemplazo de los pozos.

- Cambio en el régimen de lluvias
- Cuatro últimos años con precipitaciones menores al promedio
- Provisión mediante camiones aljibes



FUENTE: WWW.SOYCHILE.CL

Arroceros de la provincia de Ñuble aseguran estar perdiendo el 25% de su producción por la sequía

26.03.2012 | En las comunas de Ñiquén y San Carlos, la situación se ha vuelto muy compleja por la sequía que se registra en la zona. Además los productores detallaron que podría haber una disminución en la calidad.

Crítica es la situación en la que hoy se encuentran los arroceros de la provincia de Ñuble, ya que la producción, que se concentra principalmente en las comunas de San Carlos y Ñiquén, hoy también vive las consecuencias de la sequía. Al menos un 25% de la producción se estaría perdiendo producto de dicha problemática.

Así lo afirmó Ernesto Eguiluz, presidente de la Federación Nacional de Arroceros de Chile. "La necesidad de contar con un embalse es súper urgente. El agua se ha reducido considerablemente en los campos y predios, diríamos que en casi un 40%", detalló.

6

 **Compartir**

2

 **Twitter**

 **+1**

PROBABLE ESCENARIO FUTURO

- Aumento de las demandas en uso del agua
- Aumento del uso del recurso subterráneo para distintos usos (Agricultura, Agua Potable e Industria)
- Migración de usuarios aguas superficiales a aguas subterráneas
- Cambio en el marco regulatorio (Código de Aguas) ??
- Restricción de uso – Cuencas Cerradas para petición de derechos de uso
- **Cambio Climático**
 - Aumento altura línea de nieve ➡ Menor acumulación de nieves estacionales
 - Agravamiento eventos extremos (tormentas y sequías) por efecto conjunto con el Niño y la Niña (efectos cíclicos)
 - Menor disponibilidad de recursos superficiales???

Disminución de brechas de información

VIII Región del Bío-Bío

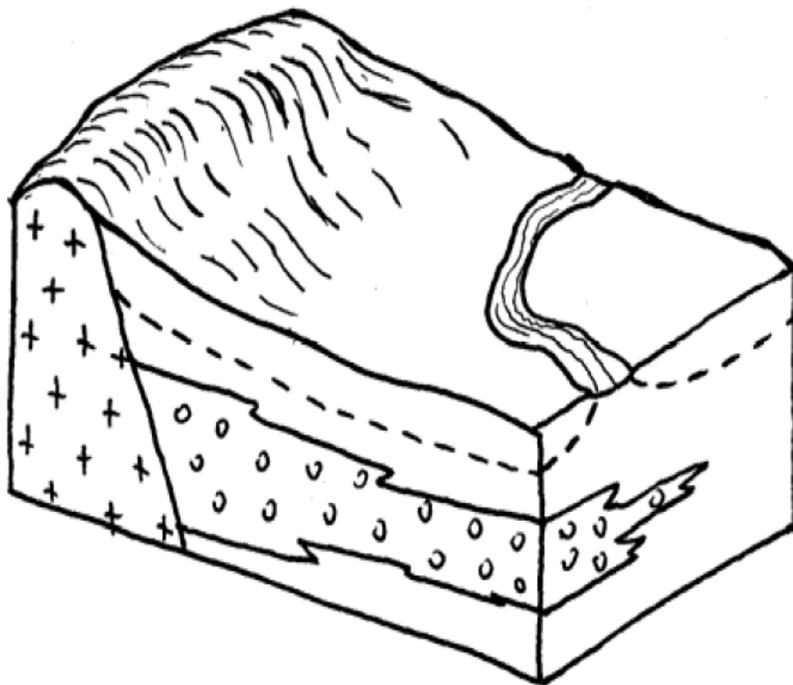


Fuente: UDEC

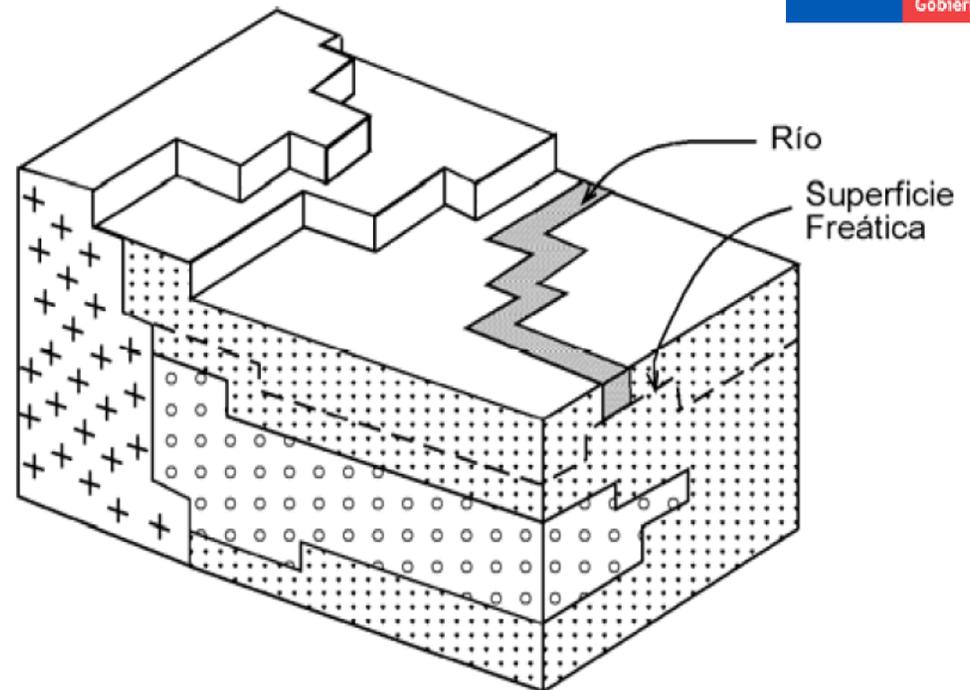
Caracterización Aguas Subterráneas

DGA ha realizado fuertes inversiones desde el 2010 para caracterizar las aguas subterráneas desde la VI región hacia el sur.

Levantamiento de información base (Expedientes, Geofísica de Basamentos) para modelos regionales



Realidad

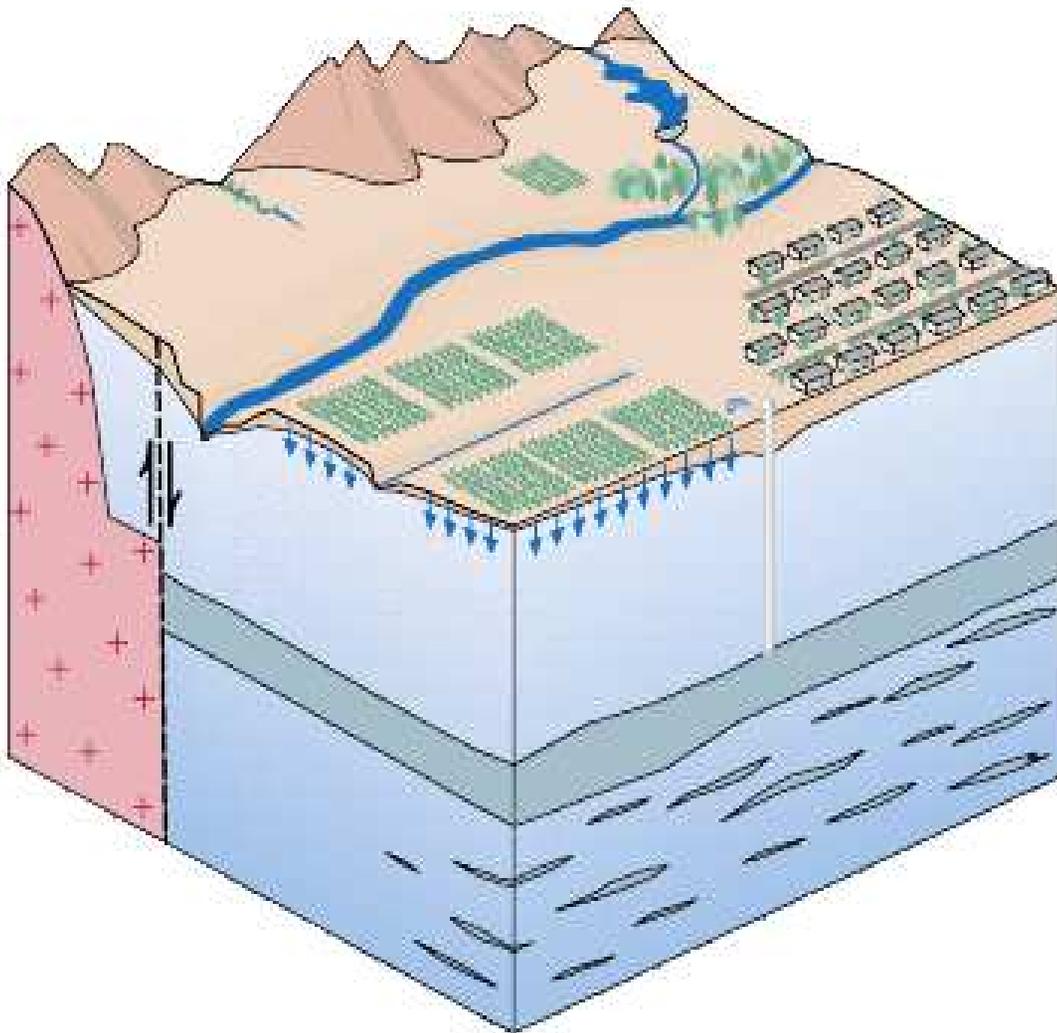


Conceptualización numérica

Modelo Hidrogeológico

Herramienta “objetiva” y económica para la toma de decisiones, planteamiento de escenarios, mejorable con mayores niveles de información

Se plantean entonces distintas interrogantes...



Fuente Imagen : Open -File Report 00-92, USGS (2000)

¿Qué elementos del sistema acuifero conocemos: **tipo de acuifero, velocidad de flujo, volumen de explotación disponible?**

¿Cómo variarán las **direcciones de flujo** con un aumento de la explotación?

¿Comportamiento futuro del nivel freático, variaciones estacionales?

¿Origen y comportamiento de la recarga?

¿Calidad de aguas: actual y futura, óptima para uso agrícola?

Descripción del Proyecto

INSTITUCIONES PARTICIPANTES

- Desarrollador: Instituto Nacional de Hidráulica (INH)
- Mandante: Gobierno Regional del Bío Bío
- Mandante/Oferente: Instituto Desarrollo Agropecuario (INDAP)



FINANCIAMIENTO

Monto Total Proyecto: 166.355.500

Línea de Financiamiento: Bienes Públicos para la Competitividad

SUBSIDIO CORFO

- Aporte: 144.860.000

INSTITUTO NACIONAL DE HIDRÁULICA

- Aporte: 21.495.500



Marco Inicial

Descripción Proyecto

Desarrollo y Resultados

Proposiciones a Futuro

OBJETIVO PRINCIPAL

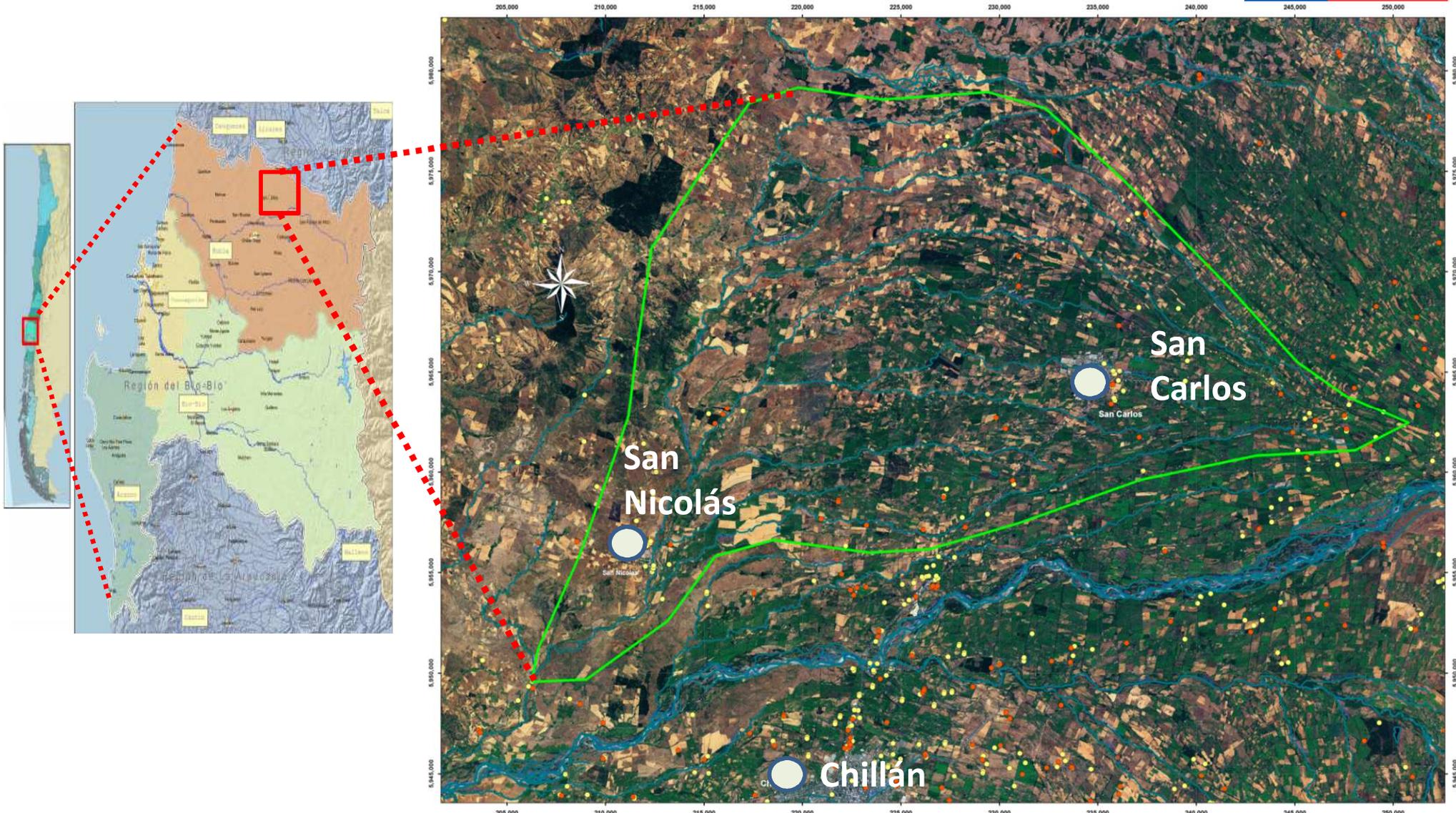
- Desarrollar un **bien público consistente en un modelo hidrogeológico que permita caracterizar el comportamiento del acuífero en una zona afectada por escasez hídrica**, para ser aplicado en varias zonas del país, determinar sus vulnerabilidades frente a eventos futuros y plantear medidas de mitigación, con una aplicación práctica en un sector ubicado en la VIII región del Bío Bío.

OBJETIVO BIENES PÚBLICOS

- Disminuir brechas de información y aumentar competitividad beneficiarios



Zona de Estudio: Acuífero Río Changaral camino a Portezuelo



Fuente Imagen: Elaboración Propia

Etapas del Proyecto Vulnerabilidad

ETAPAS

ACTIVIDADES

Etap 1:
Construcción Modelo
Hidrogeológico

1. Recopilación y Análisis de Antecedentes
2. Campaña de seguimiento de niveles
3. Campaña de calidad de aguas
4. Ensayes Geofísicos (STDEM)
5. Definición Geometría del Acuífero
6. Definición de Parámetros Elásticos (K y S)
7. Definición Unidades Hidrogeológicas
8. Levantamiento Geodésico Captaciones
9. Modelo Conceptual de Funcionamiento
10. Implementación Modelo Numérico Visual Modflow
11. Calibración Modelo Numérico
12. Simulación Escenarios Futuros

Etap 2:
Evaluación de
Vulnerabilidad

1. Análisis de Vulnerabilidad
2. Propuestas de Medidas de Mitigación y Control

EQUIPO DE TRABAJO ACTUAL

- Director: Héctor Hernández Jara (Ing. Civil UTFS;)
- Director Alterno : Luis Zamorano Riquelme (Ing. Civil Hidráulico PUC)
- Ingeniero Proyecto : Andrés Tapia Giovanetti (Ingeniero Civil UTFSM)
- Geógrafo: Camila Osorio Nilo (Ing. Civil Geógrafo USACH)
- Coord. Administrativa: Karina Jaramillo (Contadora)

OTROS PROFESIONALES

- Ex – Director : Julio Vallejos (Ing. Civil, Experto en Hidrogeología - Diseño de Perforaciones)
- Técnico Terreno : Catalina Tejo (Encargado de Medición Niveles)
- Memorista : Felipe Zelada (Estudiante Ing. Civil UTFSM)
- Geóloga: Paula Díaz (Geóloga y Dip. Hidrogeología)

ASESORÍAS

- Geofísica :TRV Geofísica (Levantamiento Perfiles TEM)
- Análisis Calidad de Aguas: SGS Ambiental, AGQ (AGRIQUEM América S.A)



Equipos de Medición

Captaciones

- 2 Pozómetros 300 metros Marca Heron Instruments modelo Water Tape
- 1 Conductivimetro 200 metros marca Heron modelo Conductivity Plus

Aguas Superficiales

- Conductivimetro WTW 1970i 30 metros



SOFTWARE COMERCIAL ADQUIRIDO

Modelación Numérico Flujo Aguas Subterráneas

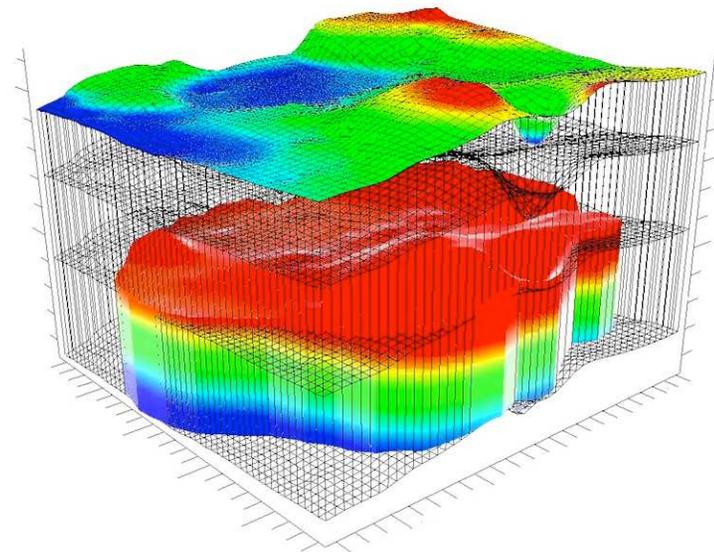
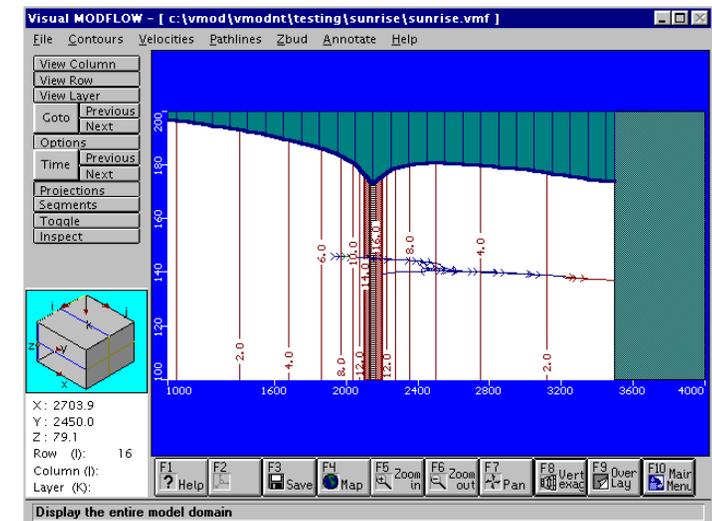
- 01 Licencia SWS Visual Modflow FLEX 2013 Premium

Análisis de Pruebas de Bombeo

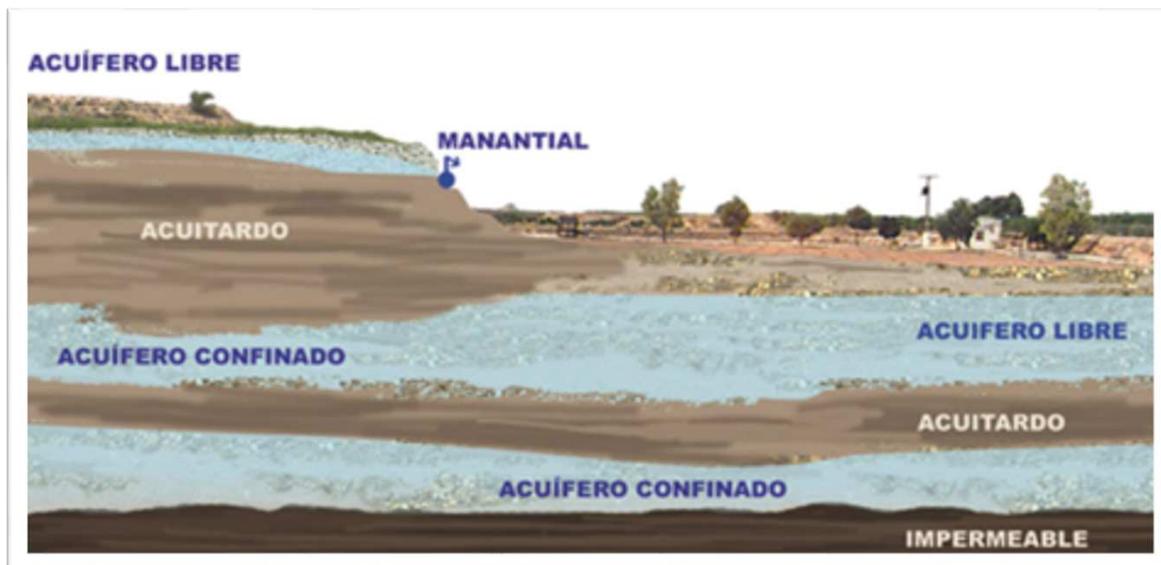
- 01 Licencia SWS Aquifer Test Pro

Calidad de Aguas

- 01 Licencia SWS Aquachem

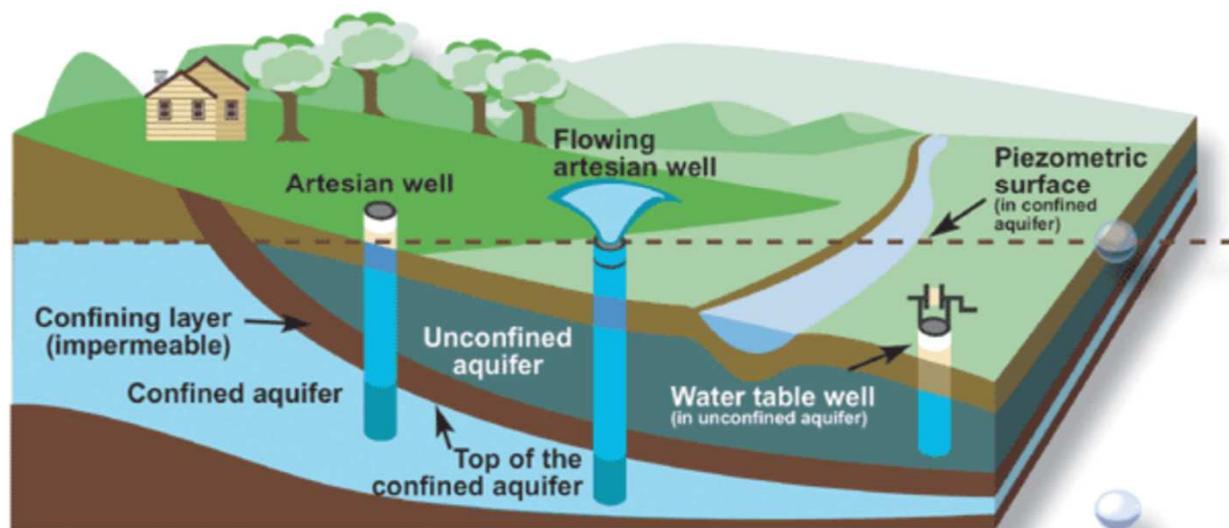


Desarrollo del Proyecto y Resultados



Tipos de Acuíferos

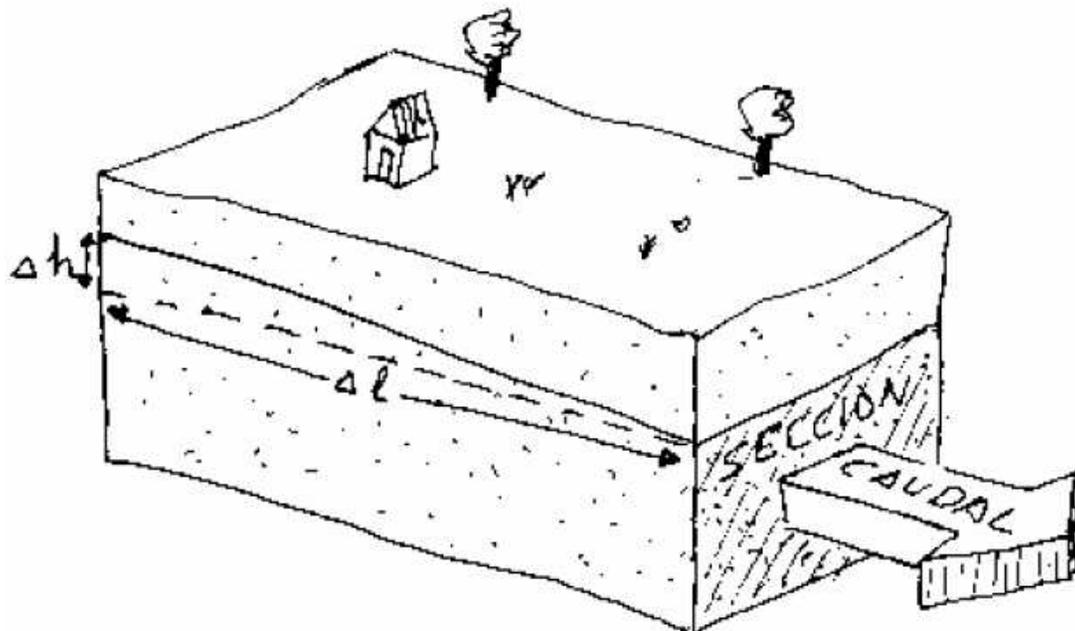
Aquifers and wells



Source: Environment Canada

Permeabilidad y Transmisividad

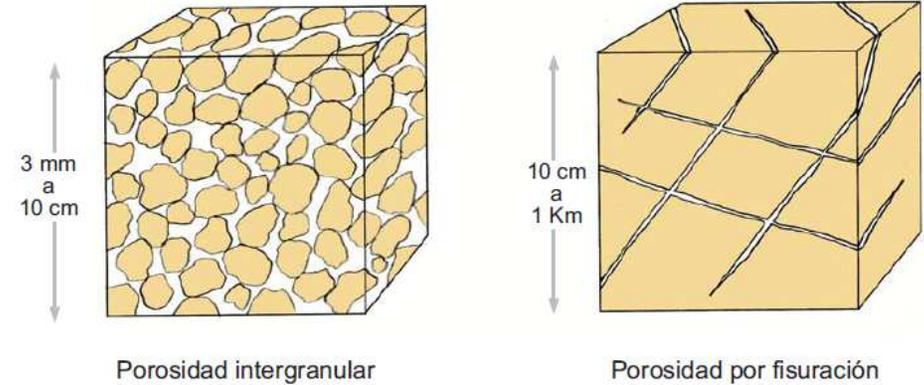
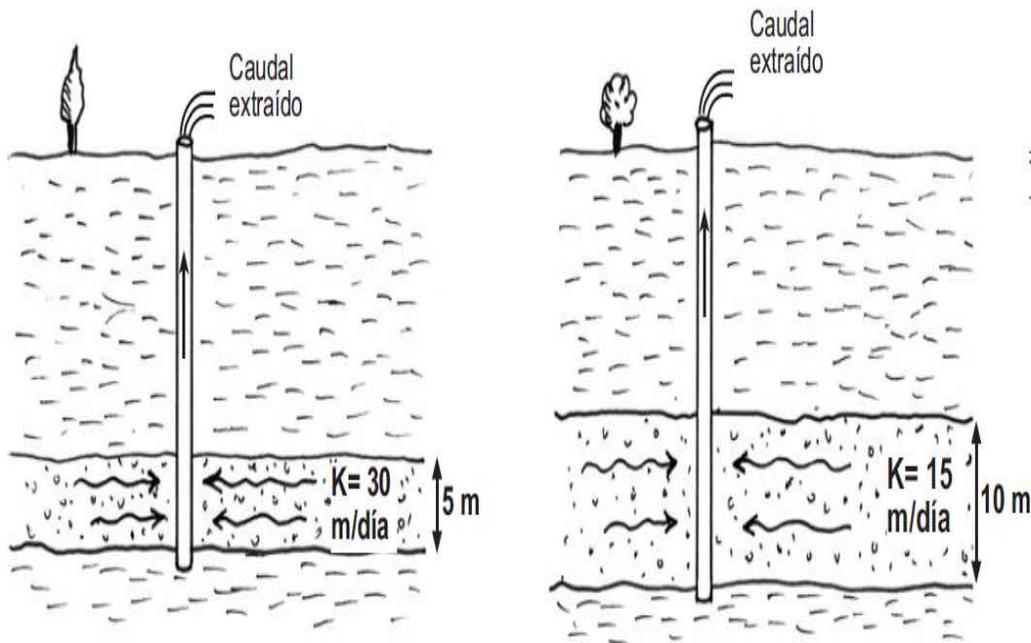
Caudal por unidad de sección = $K \cdot$ gradiente hidráulico



$$\frac{\text{Caudal}(m^3 / \text{dia})}{\text{Sección}(m^2)} = K \cdot \frac{\Delta h (m.)}{\Delta l (m.)}$$

El caudal que atraviesa el medio poroso perpendicularmente a la sección señalada es **linealmente** proporcional al gradiente $\Delta h / \Delta l$

Transmisividad y Porosidad



Transmisividad = conductividad hidráulica * espesor saturado

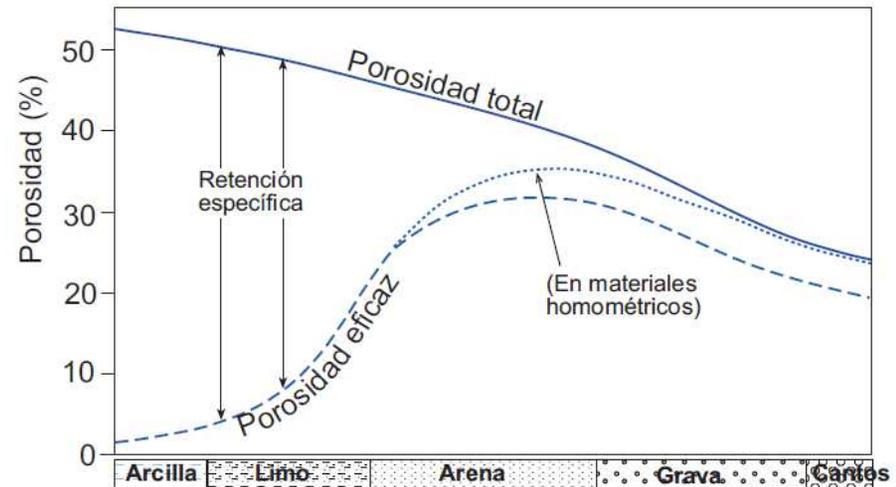
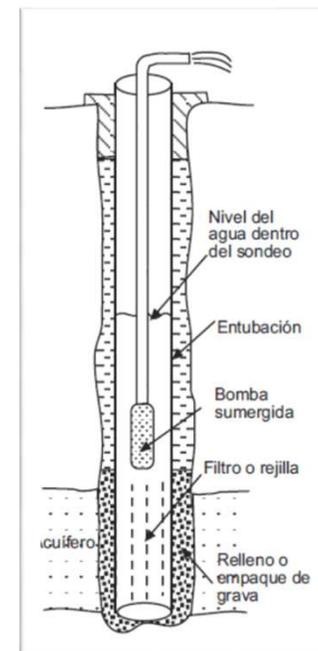
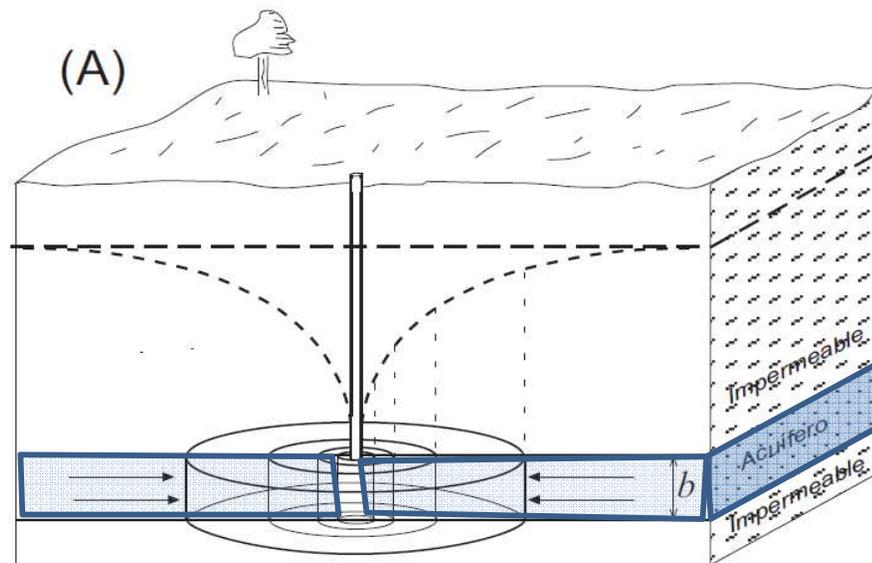
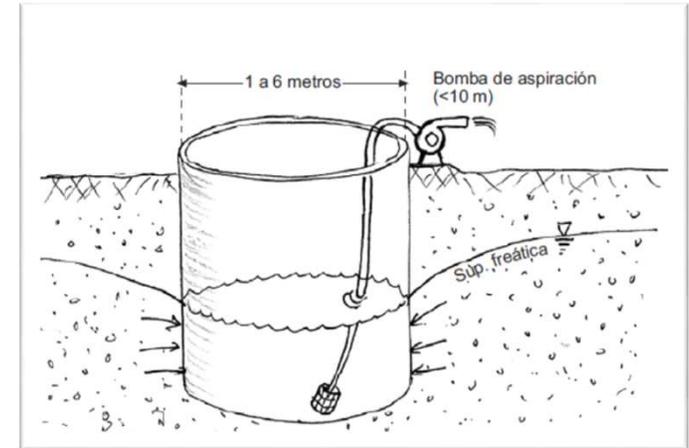
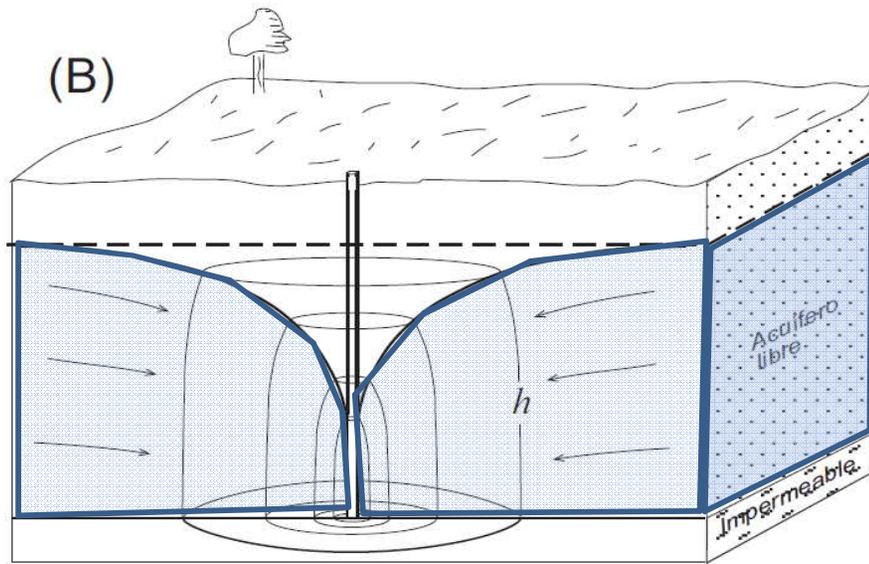


Fig. 4.- Variación de la porosidad con la granulometría en materiales detríticos no consolidados

Fuente: <http://hidrologia.usal.es/>

Hidráulica y tipo de Captaciones

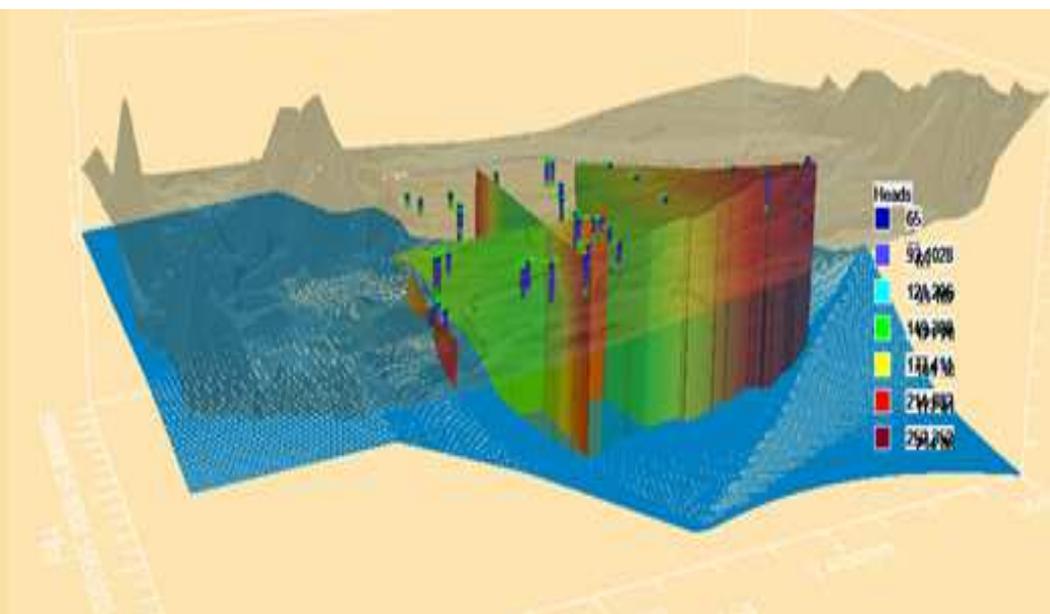
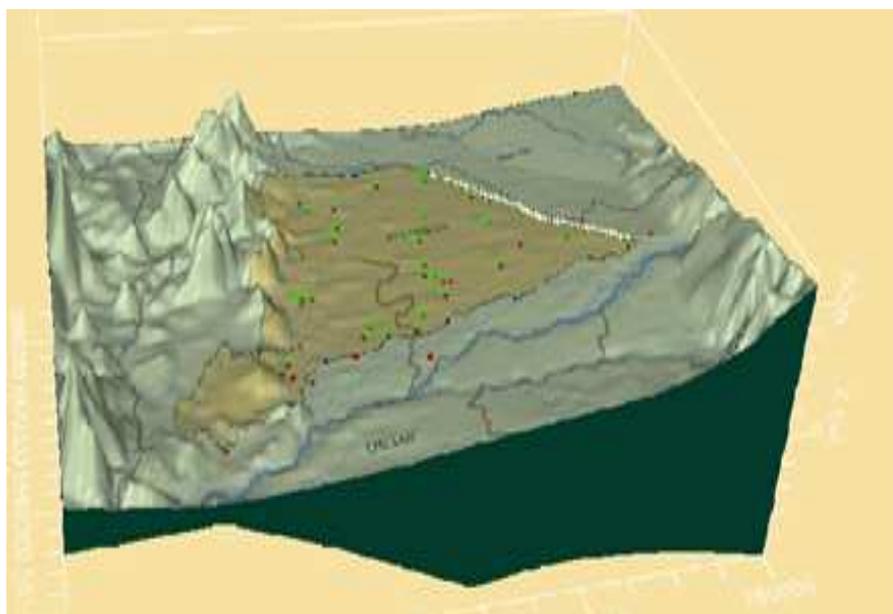
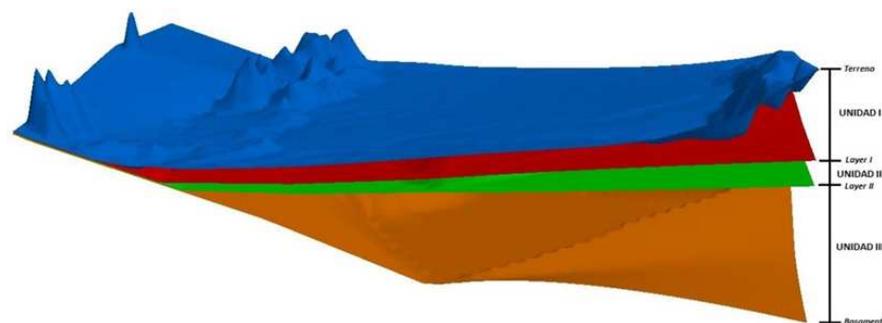
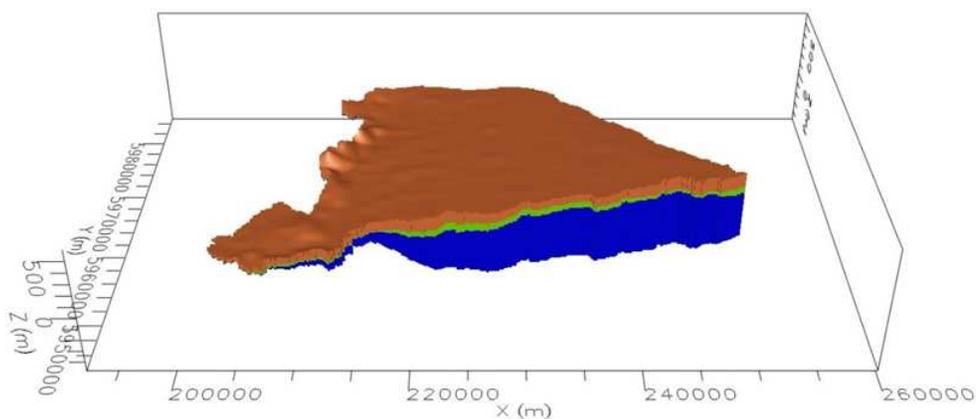


Norias

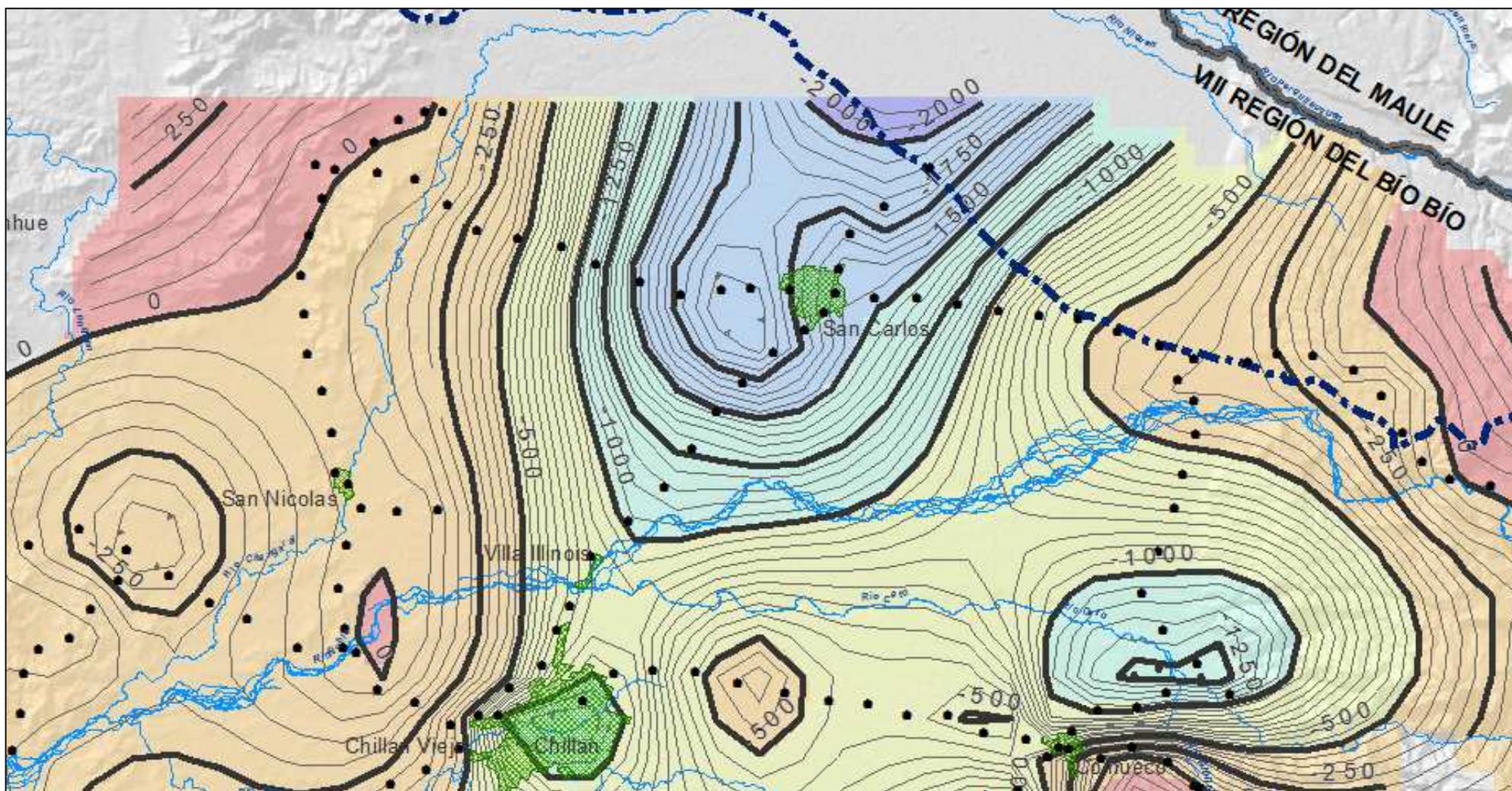
Pozos Profundos

Fuente: <http://hidrologia.usal.es/>

Implementación modelo Hidrogeológico

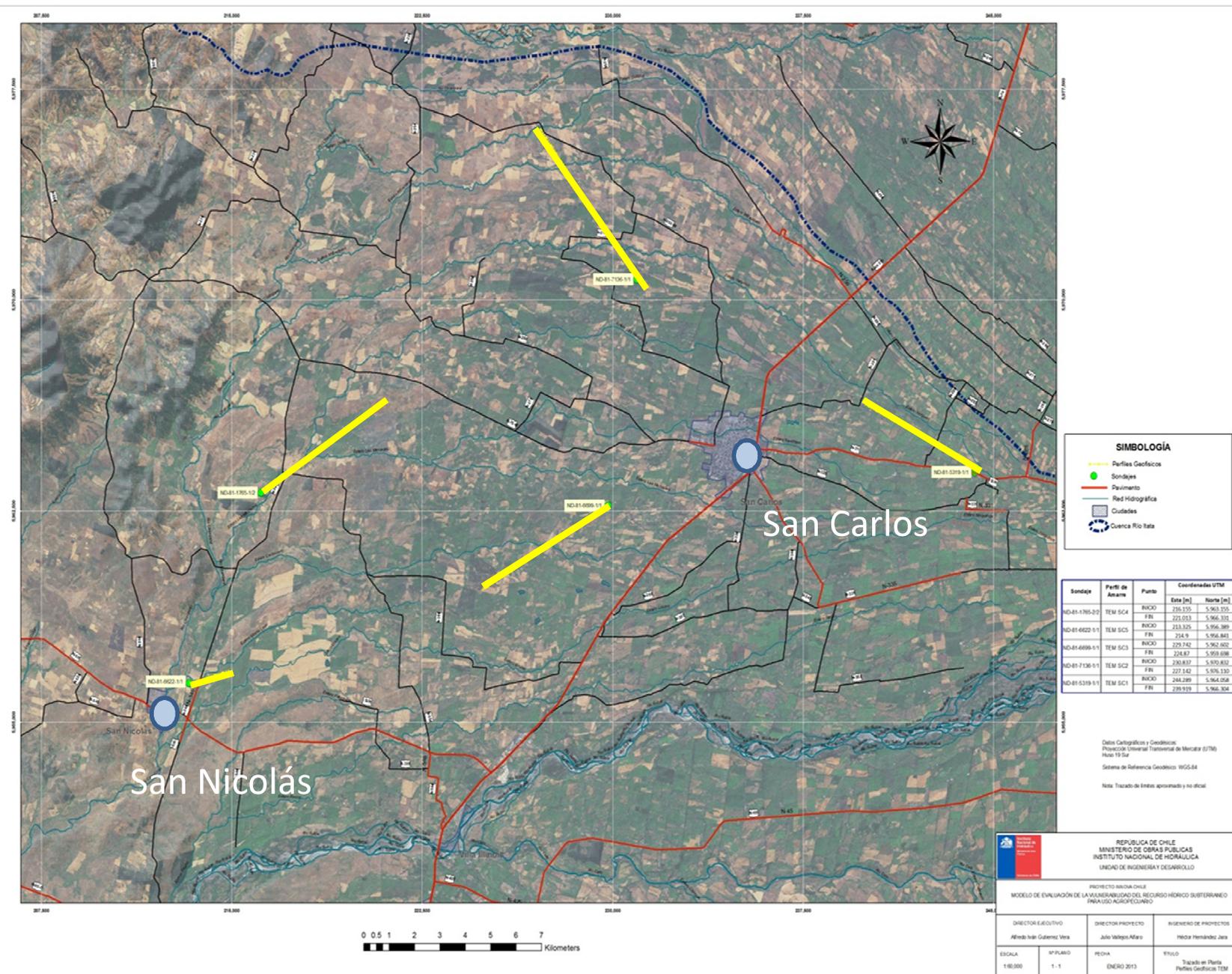


Antecedentes - Plano Isobático



Fuente Imagen : DGA-AQUATERRA (2011)

Geofísica



Direcciones Perfiles TEM

Marco Inicial

Descripción Proyecto

Desarrollo y Resultados

Proposiciones a Futuro

Método TDEM – Fixed Loop

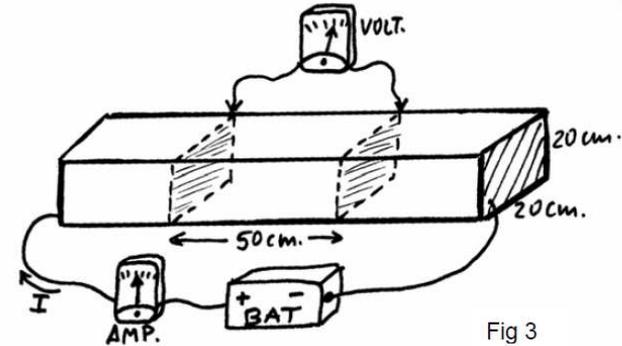
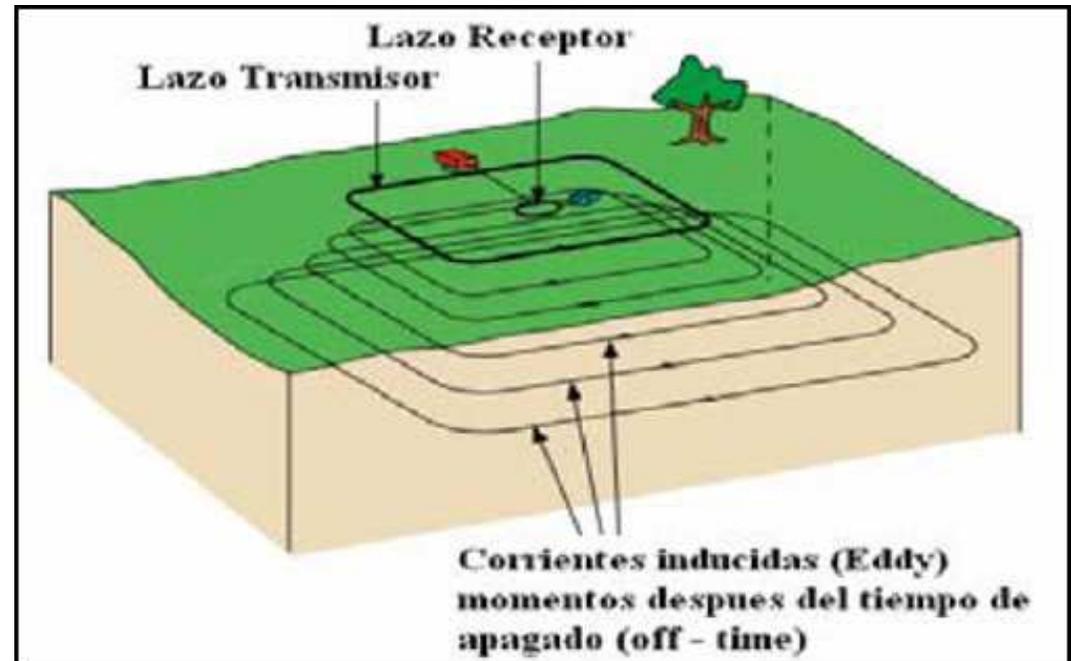
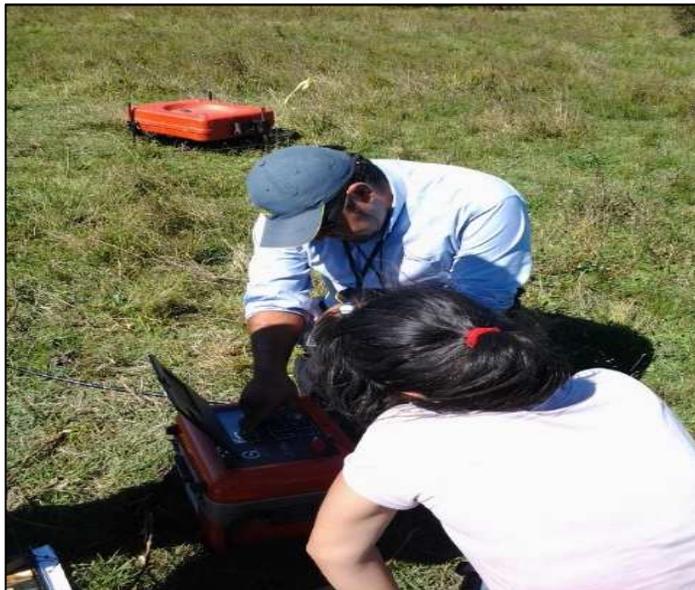
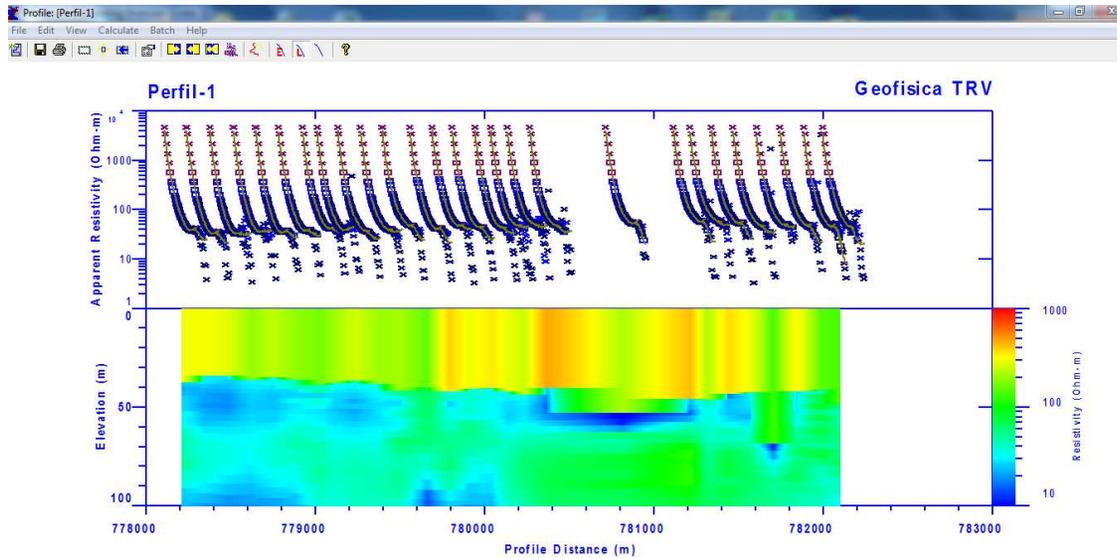


Fig 3



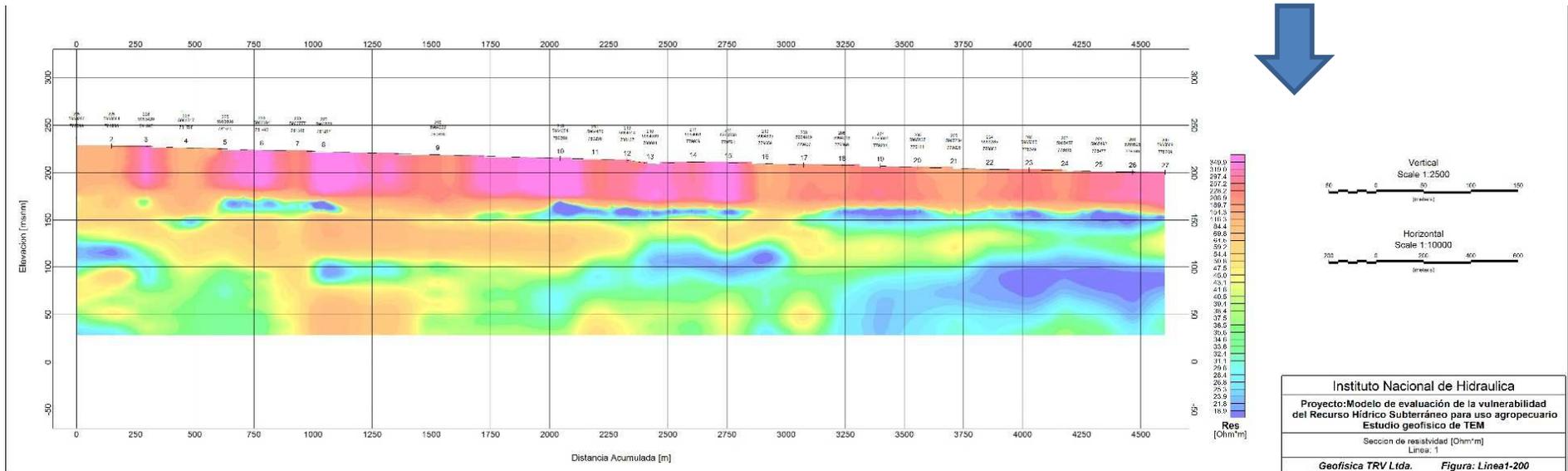
Interpretación Perfiles



Perfiles Resistividad Unidimensionales



Perfiles Resistividad Bidimensional



Interpretación Perfiles

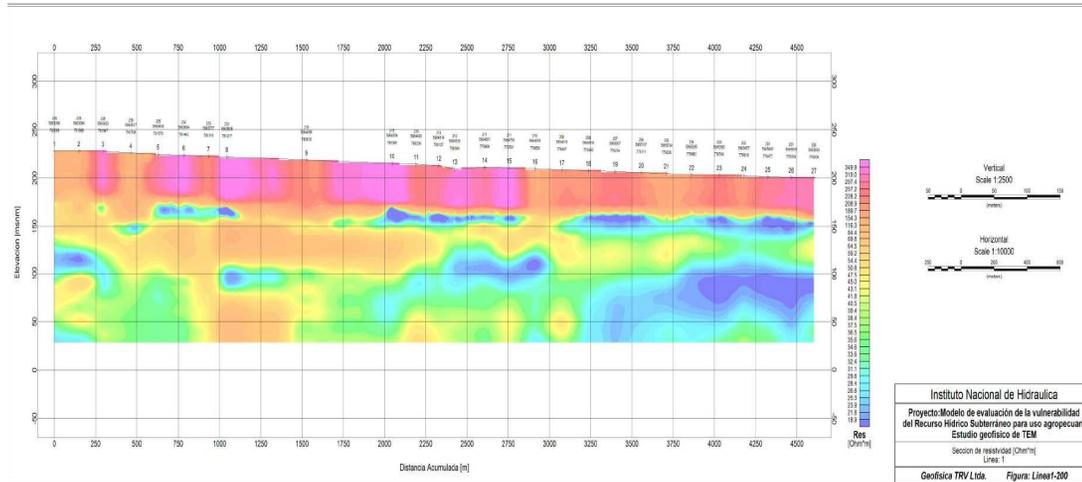
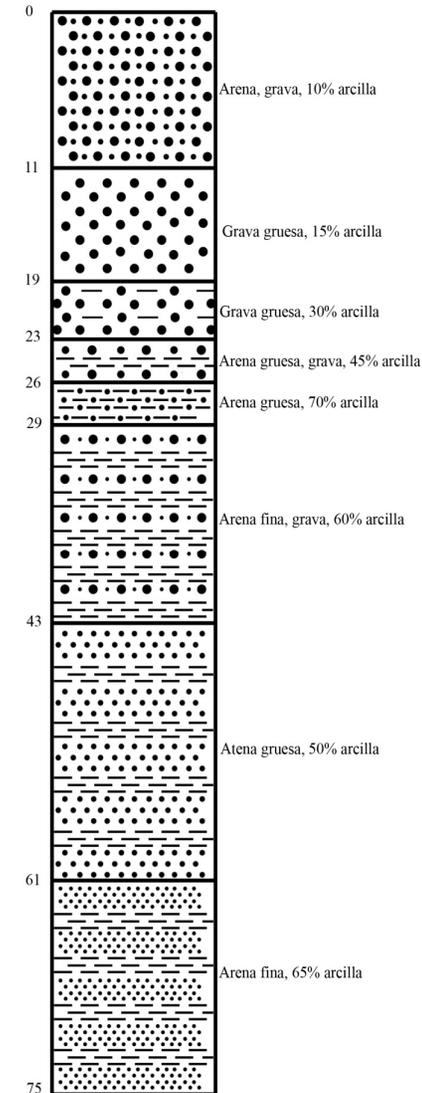


Tabla 1. Valores típicos de resistividad (Universidad Nacional, 2000)

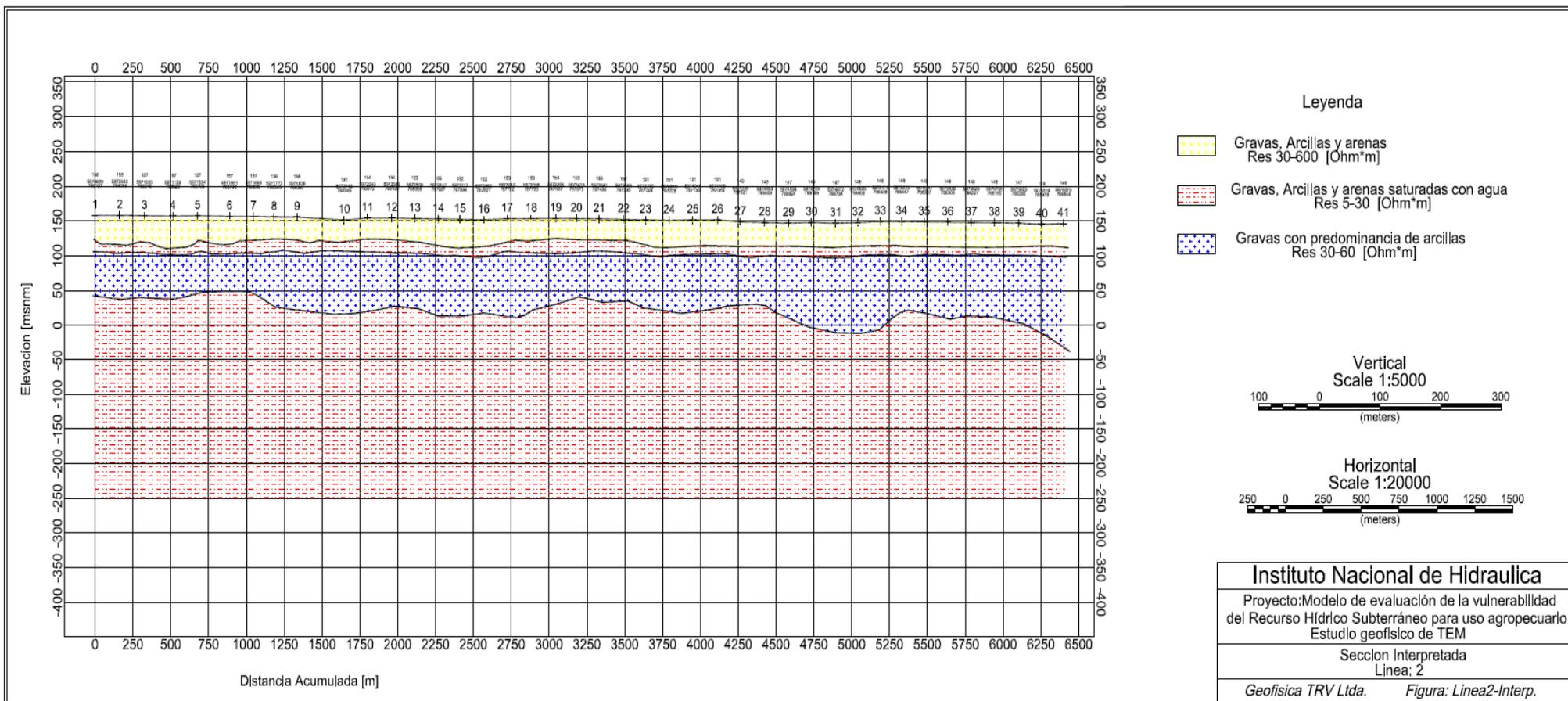
Material	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Grass no saturado	500-1000
Grass saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2500
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	30-50



**Estratigrafía
Fundo Las
Margaritas**

H=75 m

Geofísica



Perfil Longitudinal Interpretado

Unidades Hidrogeológicas

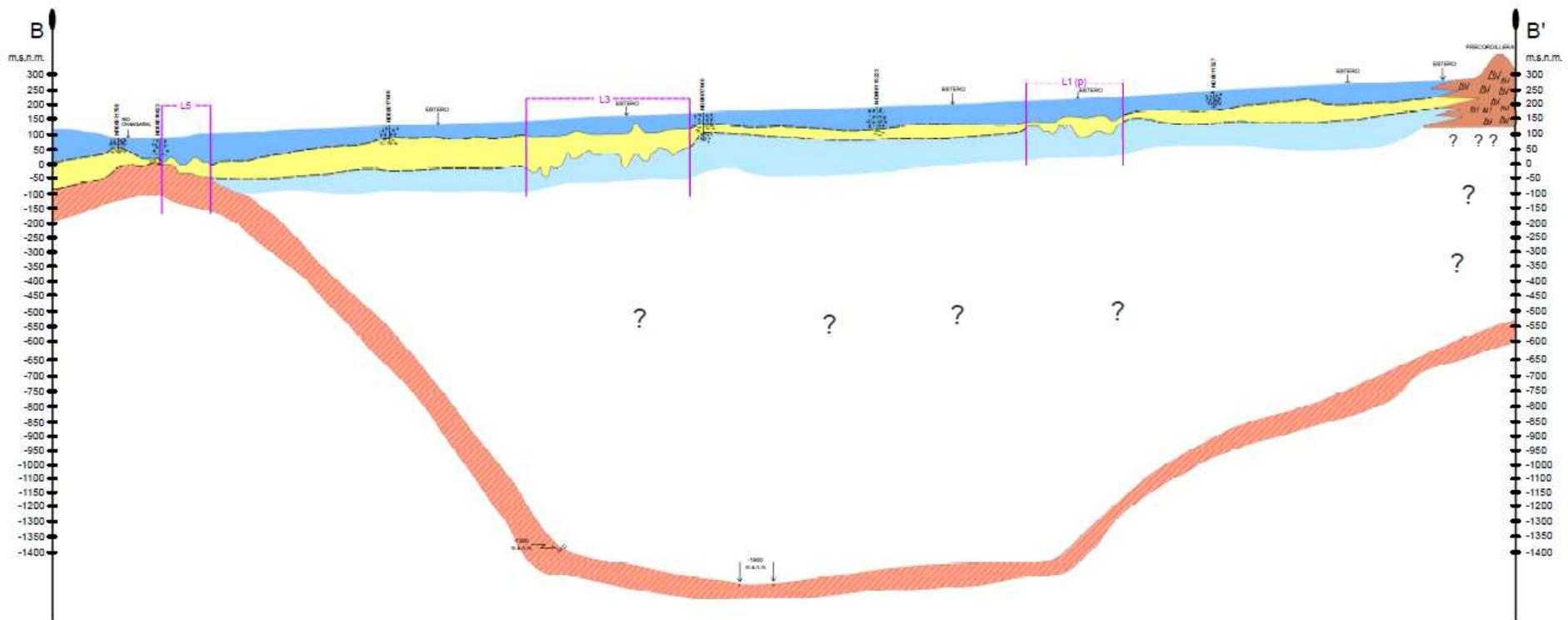
Acuífero Superior: Carácter libre. Potencia variable 50-100 m

Acuitardo: Compuesto principalmente por arcillas. Potencia variable entre 10 y 100 m

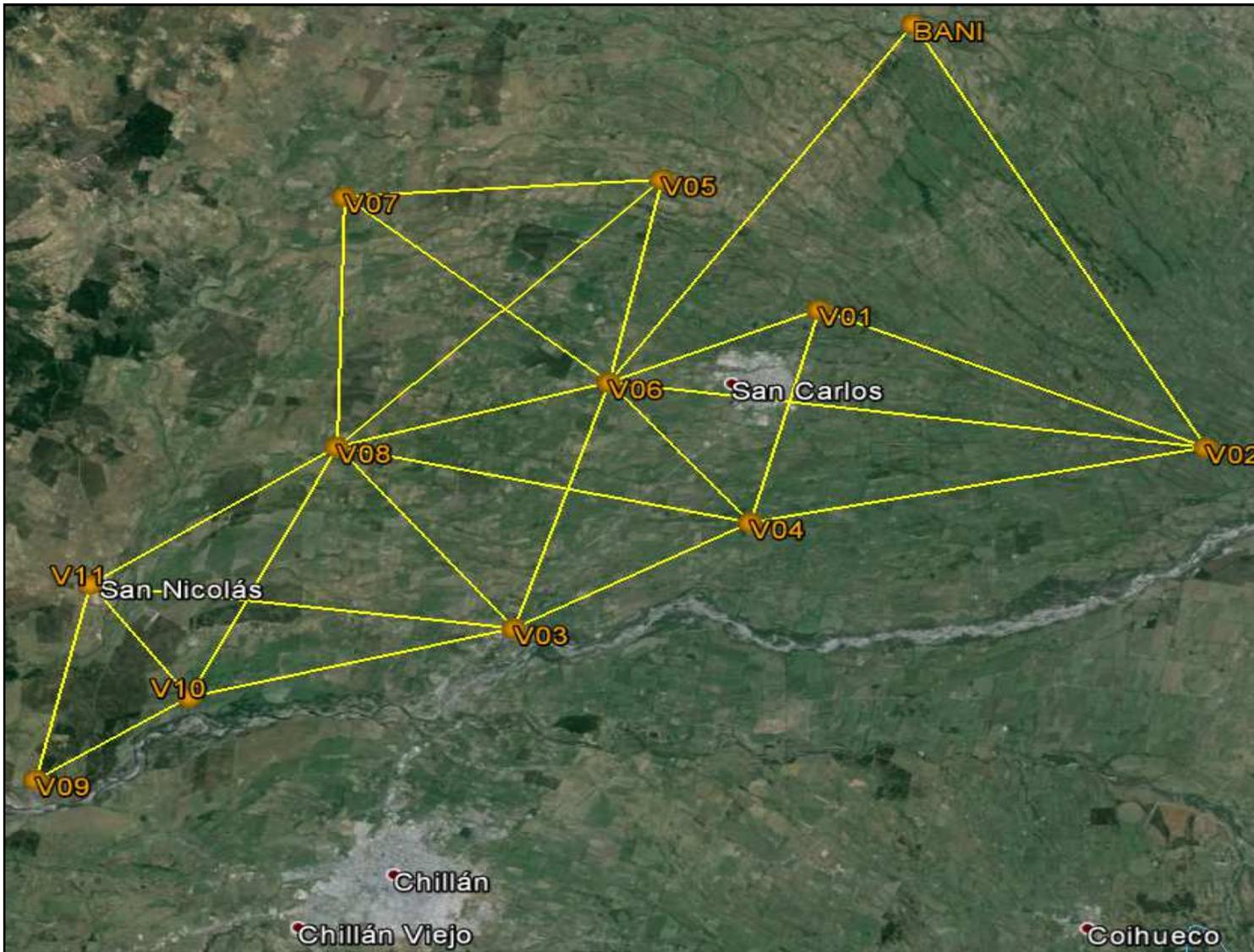
Acuífero Profundo: Unidad de baja resistividad. Profundidad Desconocida

Basamento: Acuífugo. Profundidad cercana a 1950 m.

Perfiles Hidrogeológicos



Geodesia – Levantamiento de Cotas



GPS Navegador??

Poligonal GPS ETT-DOH

Marco Inicial

Descripción Proyecto

Desarrollo y Resultados

Proposiciones a Futuro

Geodesia

MONOGRAFÍA DE VÉRTICE

VÉRTICE: BANI		LUGAR: ÑIQUÉN	
CROQUIS GENERAL		CROQUIS PARCIAL	
			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS/UTM		DESCRIPCIÓN	
NORTE : 5.979.768,300 m		<p>Desde la Ruta 5 Sur, 20 km aprox. antes de llegar a San Carlos, se toma un desvío que va hacia el oeste, avanzar 8 km. para llegar al pueblo de Ñiquén, donde hay una Sede Comunitaria y al frente unos juegos infantiles, a un costado de la línea férrea se encuentra el pilar que tiene una altura de 6 m, los lugareños conocen el pilar como "La Torre". Es necesario y muy importante conseguir una escalera con los bomberos del lugar.</p>	
ESTE : 239.542,794 m			
ALTURA ELIPSOIDAL : 189,554 m			
ALTURA ORTOM. (EGM08) : 169.200 m			
M.CENTRAL : 69°			
DÁTUM : WGS 1984			
LATITUD : S 36° 17' 30.9296"			
LONGITUD : O 71° 54' 00.8101"			

MONOGRAFÍA DE VÉRTICE

VÉRTICE: V06		LUGAR: SAN CARLOS	
CROQUIS GENERAL		CROQUIS PARCIAL	
			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS/UTM		DESCRIPCIÓN	
NORTE : 5.964.605,186 m		<p>Saliendo desde San Carlos al poniente por calle Manuel Antonio Matta Goyonechea, la que posteriormente pasa a ser la Ruta N-70-M, se avanza 3,8 kilómetros, lugar donde se emplaza el vértice, a un costado del cerco existente. Está materializado por monolito de 30 * 30 centímetros, indicando el punto de interés por medio de un fierro estriado con marca en su centro.</p>	
ESTE : 229.398,142 m			
ALTURA ELIPSOIDAL : 169,318 m			
ALTURA ORTOM. (EGM08) : 148.916 m			
M.CENTRAL : 69°			
DÁTUM : WGS 1984			
LATITUD : S 36° 25' 32.3200"			
LONGITUD : O 72° 01' 05.9511"			

Geodesia

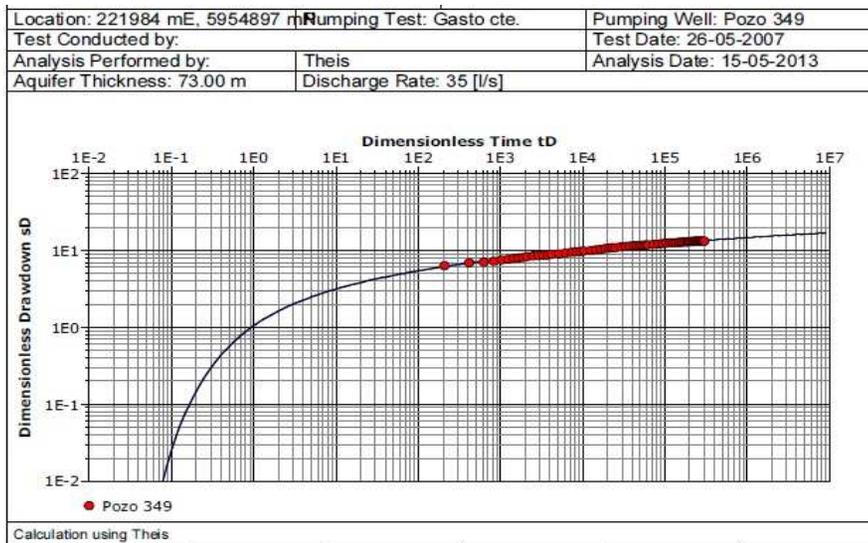


Georreferenciación de pozos utilizando metodología GPS RTK.



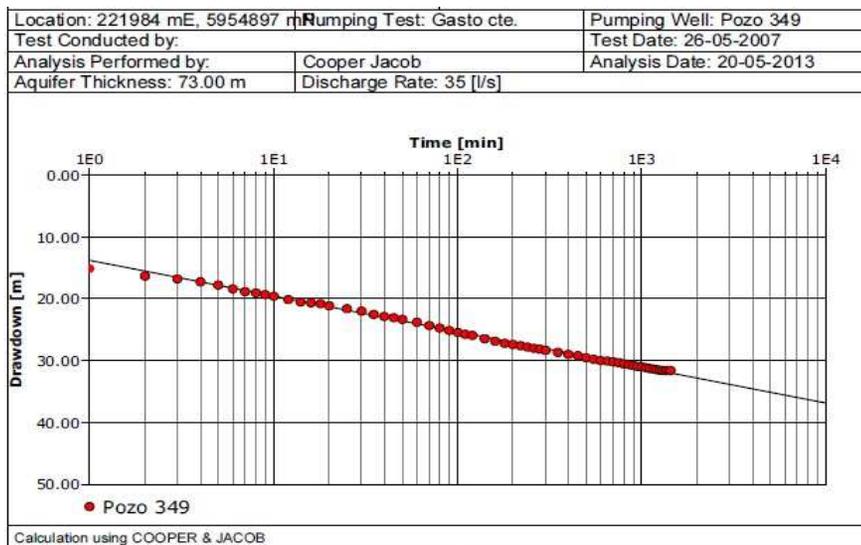
Medición de coordenadas y cotas referidas al brocal del pozo.

Parámetros Elásticos



Theis

- 34 Pozos con Información Expedientes
- Almacenamiento S por bibliografía, 10^{-4} hasta 10^{-2}
- Rendimiento específico de aproximadamente 1-2 l/s/m
- Transmisividades
Zona Cabecera ~ 800 m²/día
Zona Central ~ 75 m²/día
Zona Descarga ~ 160 m²/día



Cooper Jacob

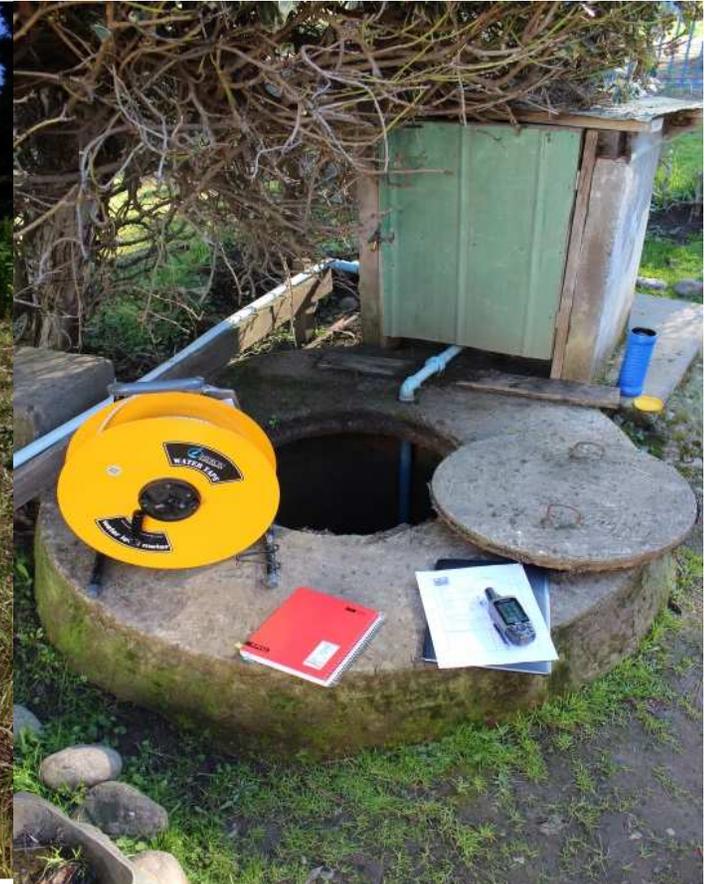


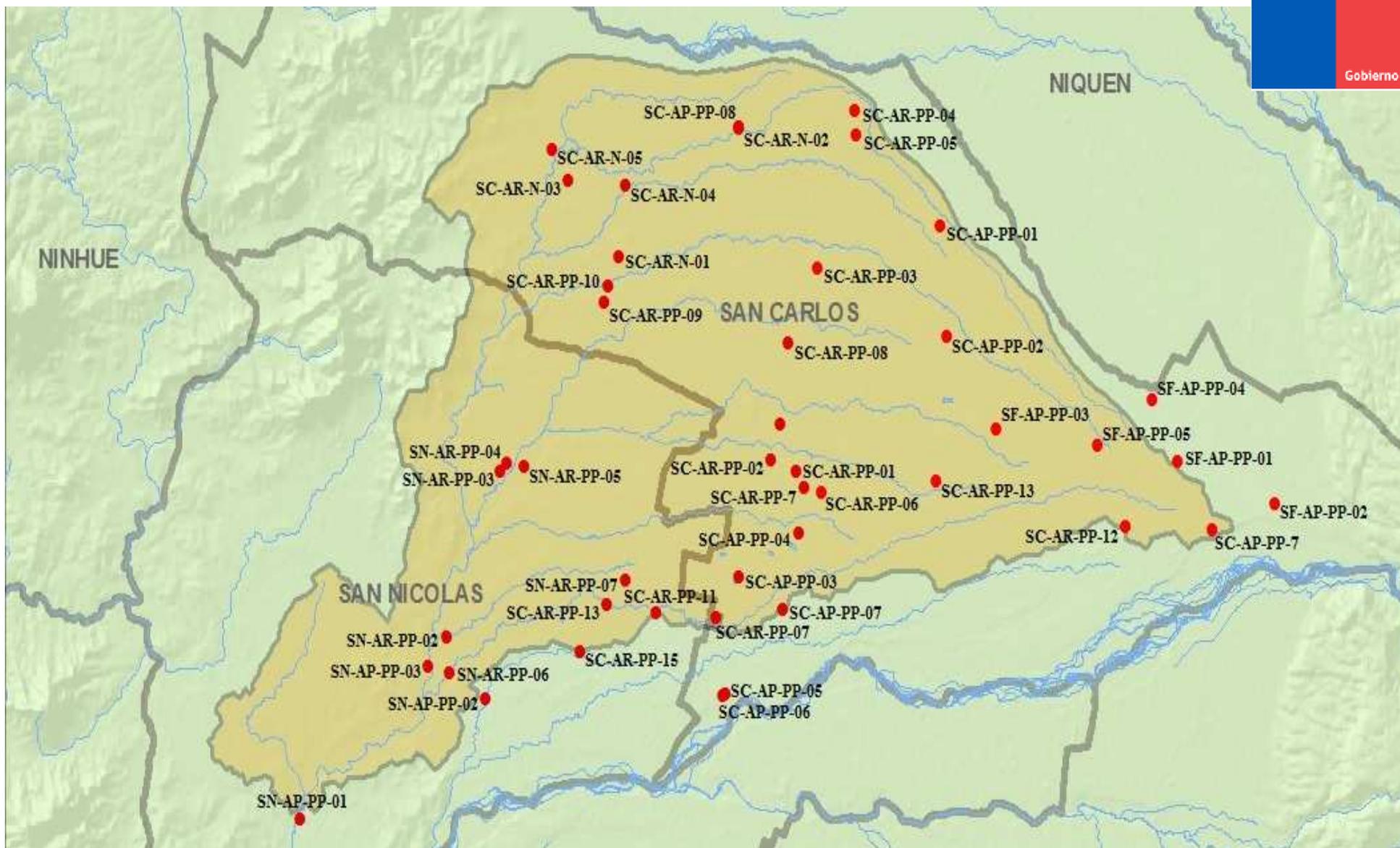
*Período Campaña
Medición de Niveles*

**De Febrero de 2013
a
Marzo de 2014**



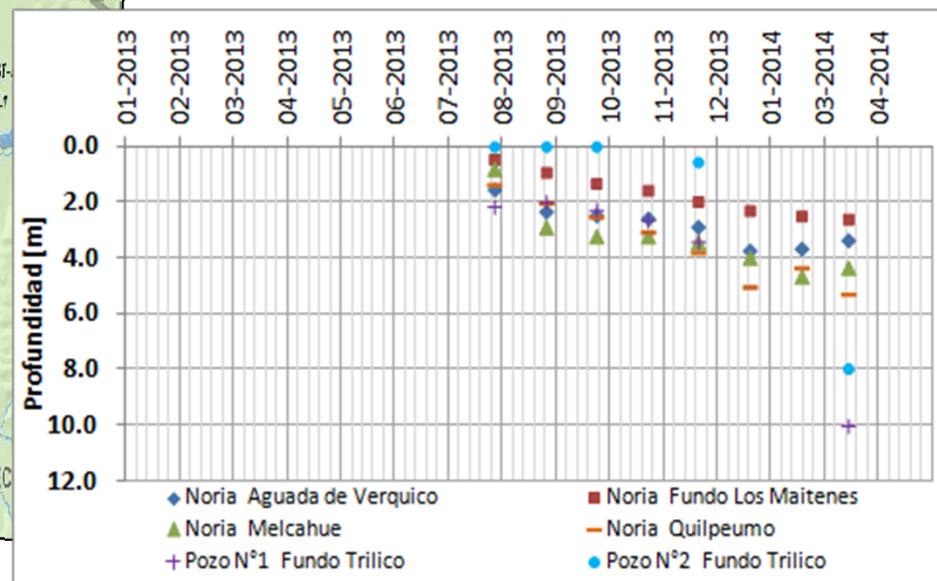
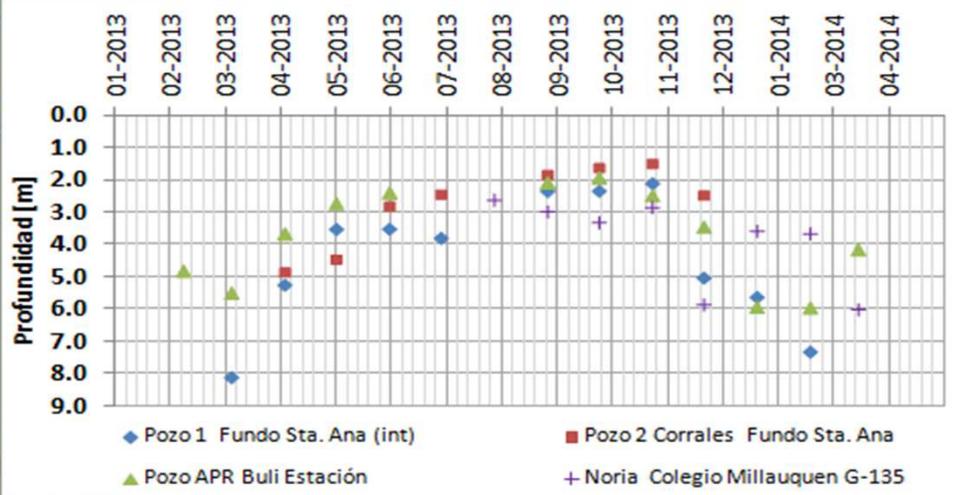
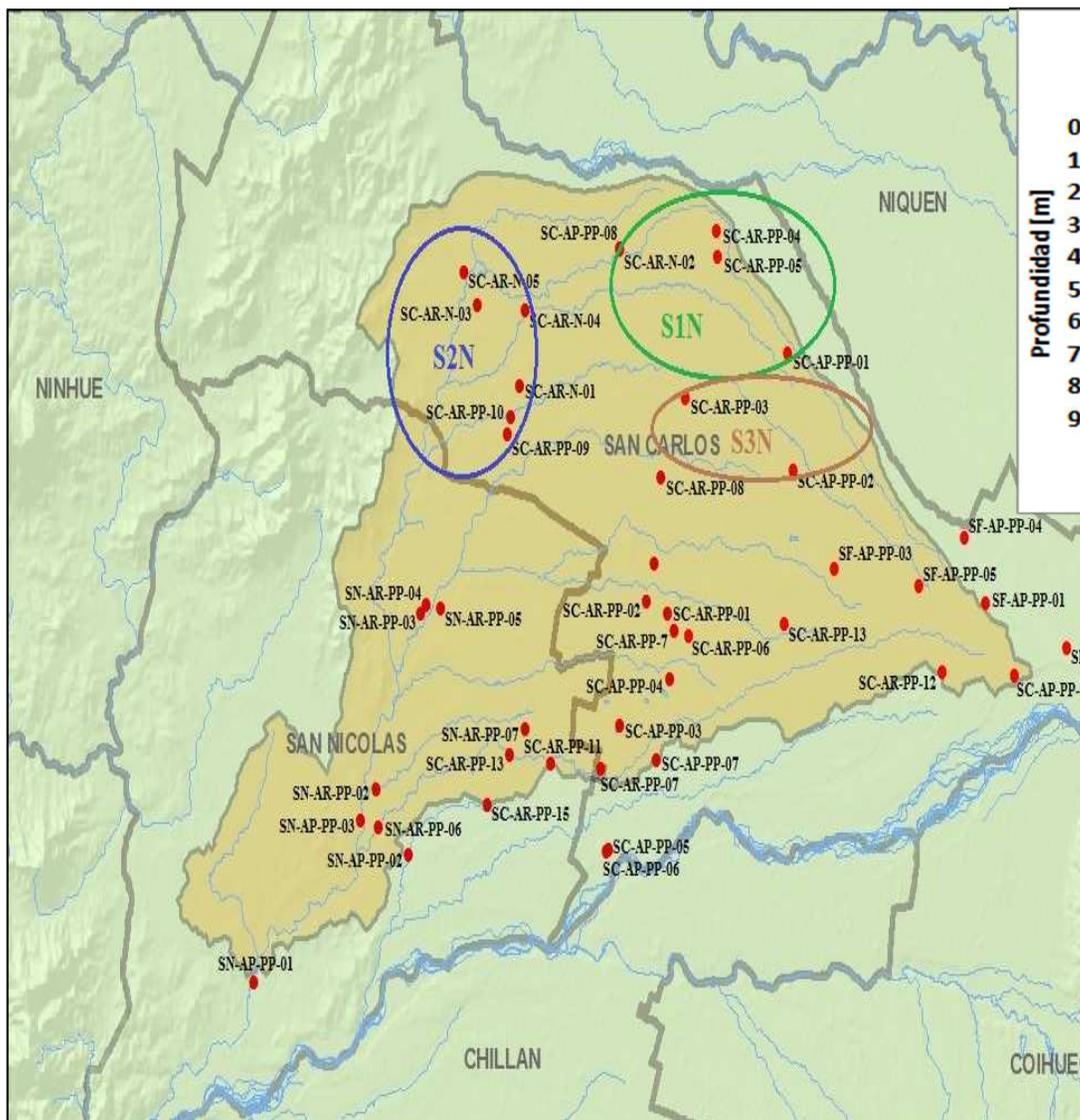
Tipos de Captación de Agua Subterránea



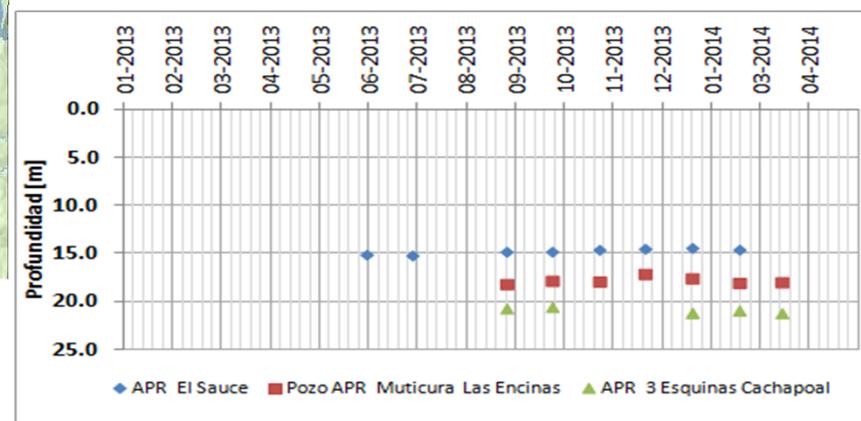
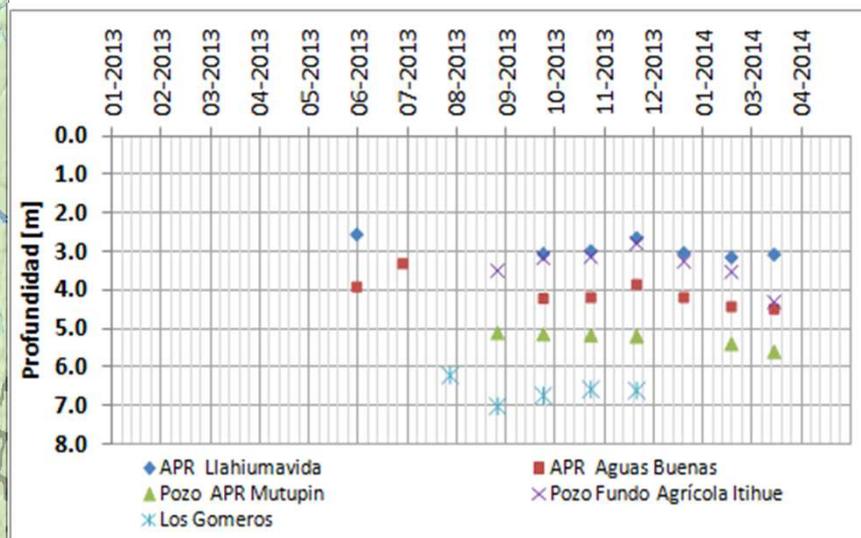
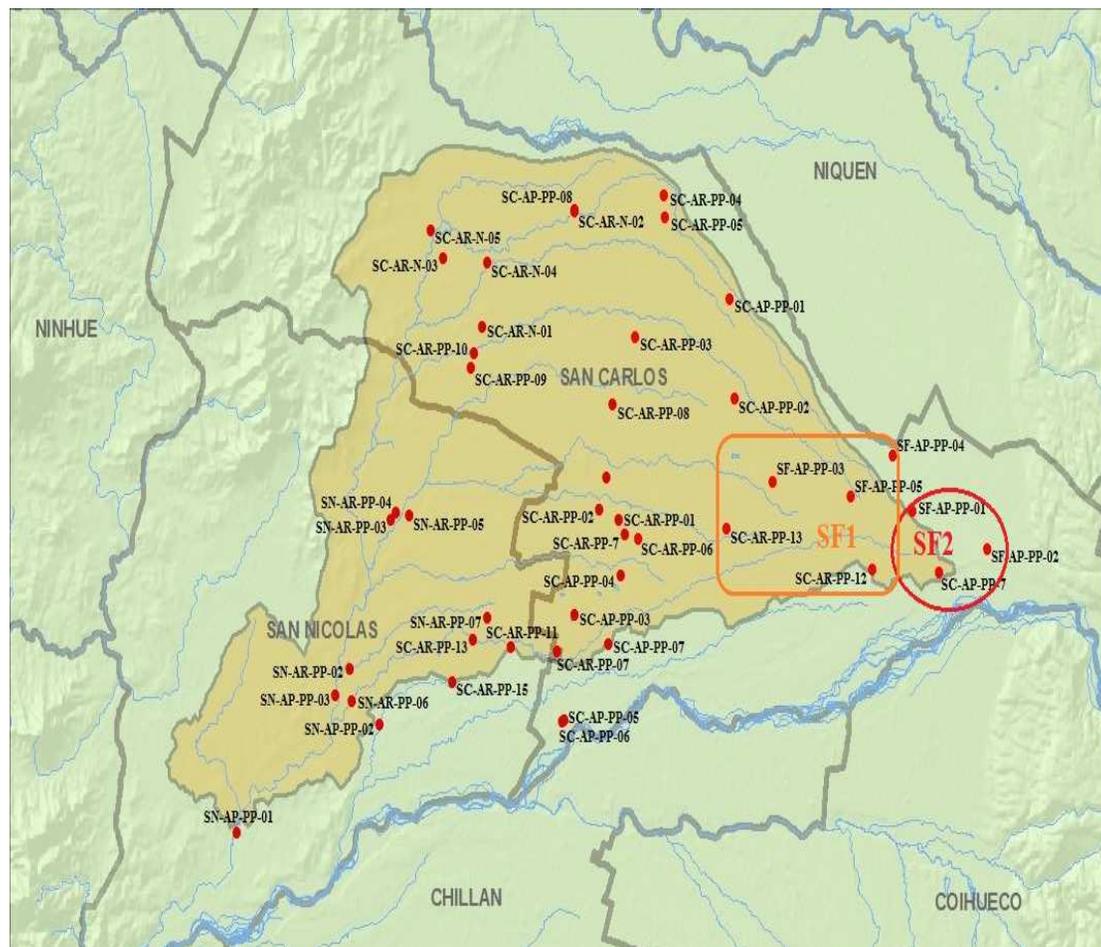


Distribución Puntos de Monitoreo

Comportamiento estacional niveles

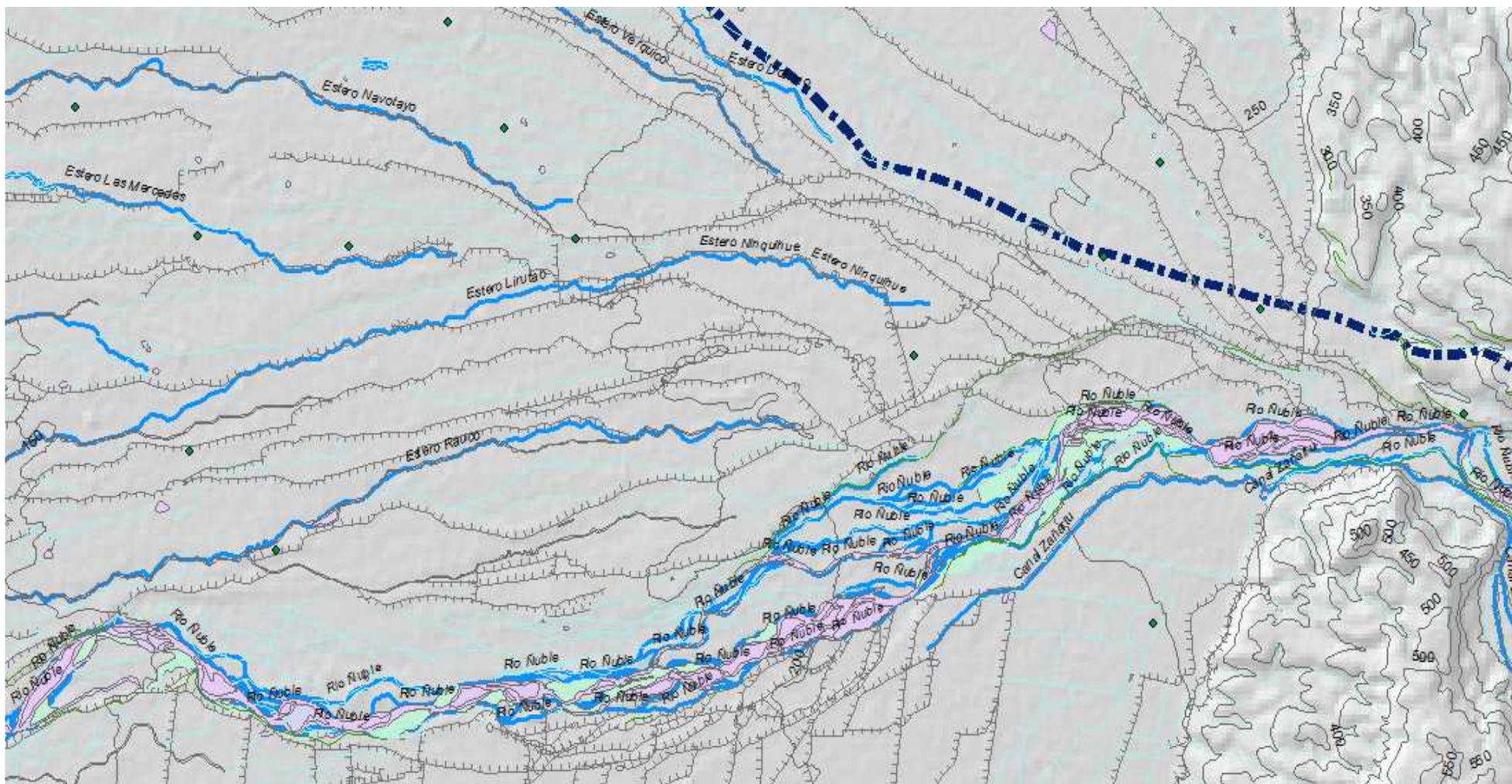


Comportamiento estacional niveles

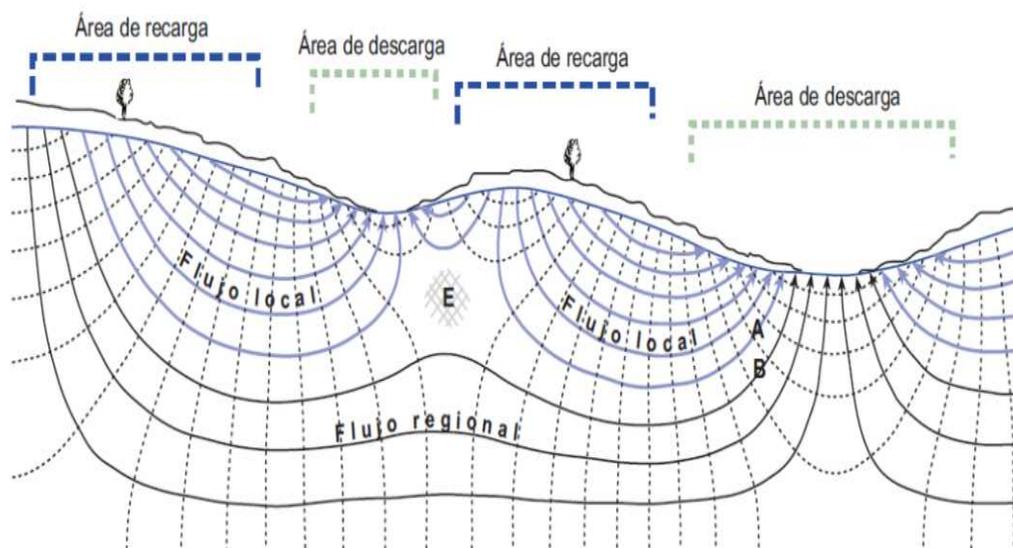


Comportamiento estacional niveles

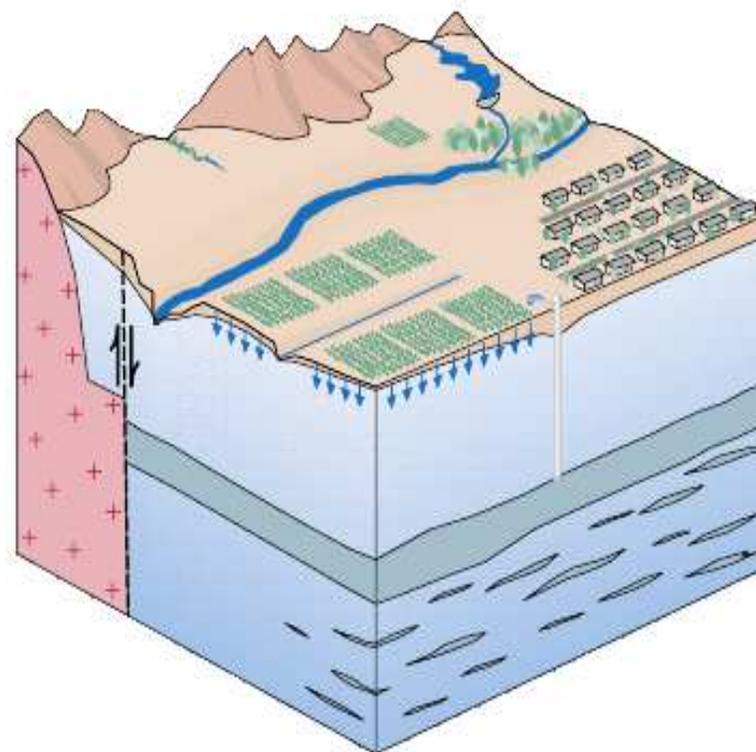
Interacción Río Ñuble - Canales



Calidad de Aguas



Esquema redes de flujo subterráneo natural (Sánchez, 2011)

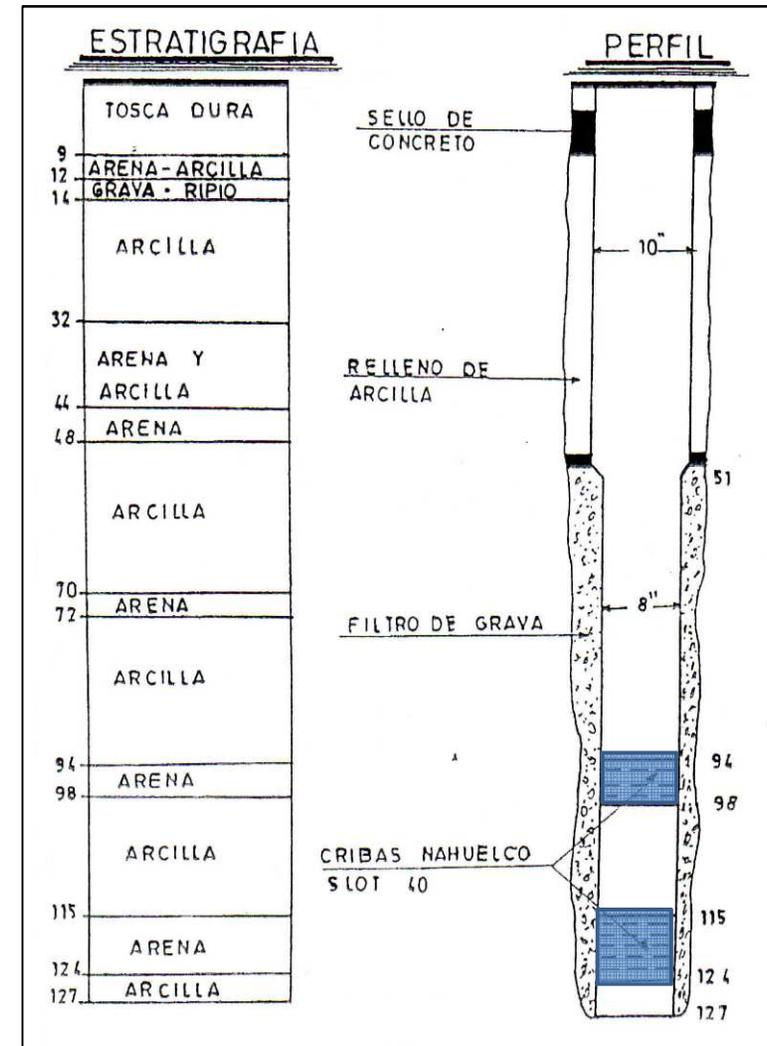


Concepto de Cuenca y Acuífero

Calidad de Aguas



- Baja concentración de macroelementos y trazas
- Baja conductividad eléctrica
- No hay excedencia en la Norma de calidad de aguas NCh 1333 en cuanto a parámetros físicos
- **Parámetros bacteriológicos sobre la norma** (excherichia coli y Coliformes totales)

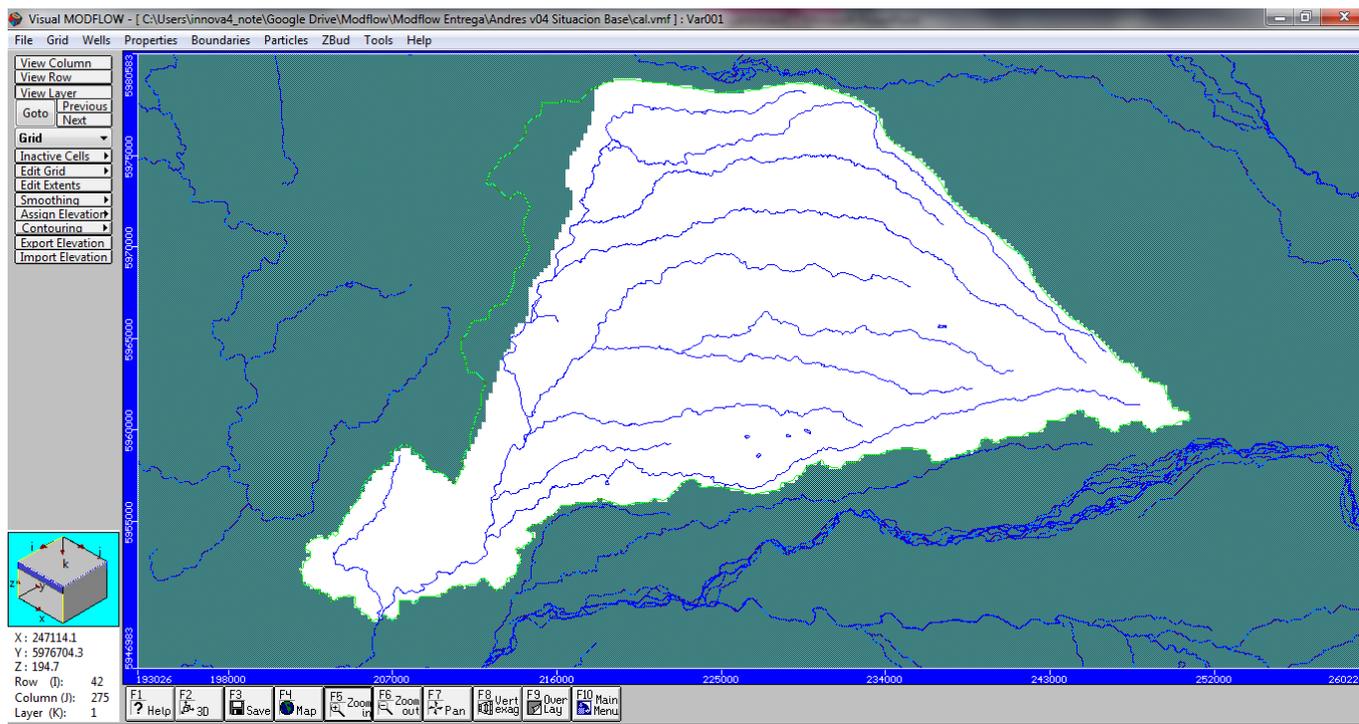


Modelo Numérico: Modflow

El modelo utilizado fue Modflow. Permite utilizar la información recolectada para generar el modelo numérico.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Ecuación de Darcy



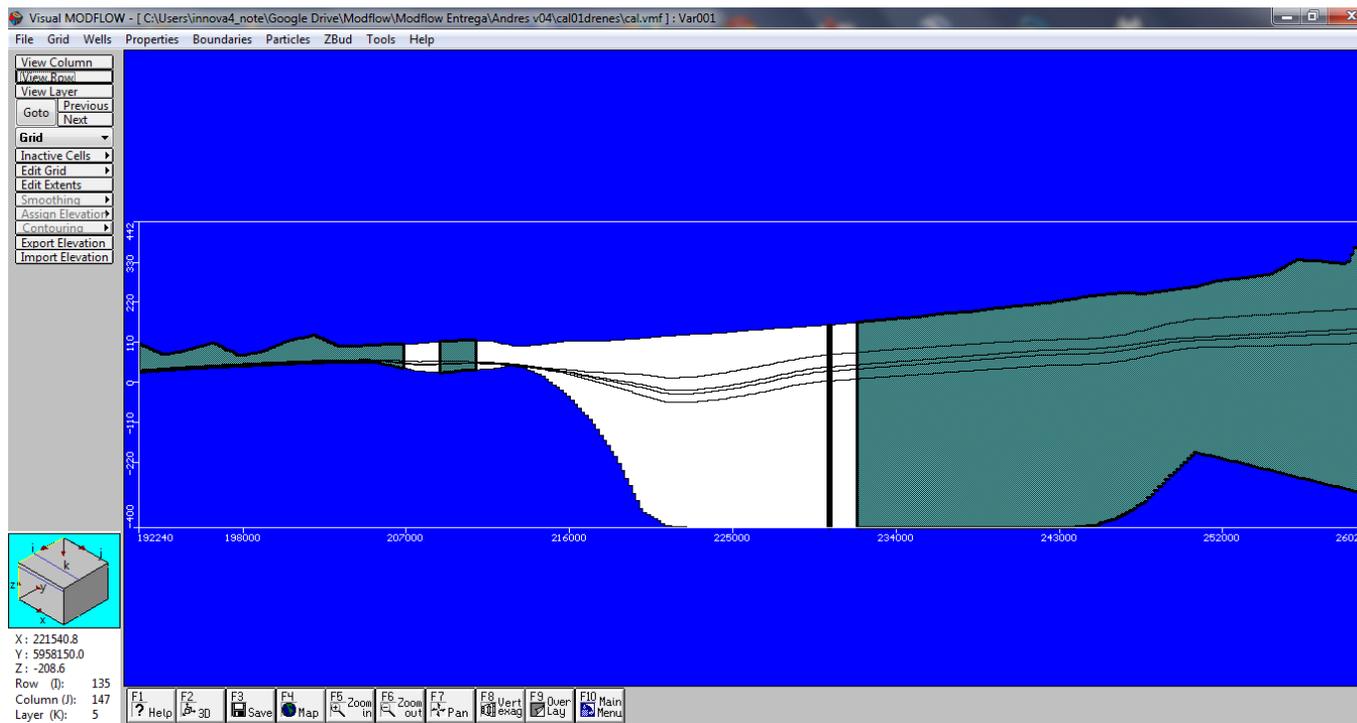
Combina toda la información recolectada...

Modelo Numérico: Modflow

El modelo utilizado fue Modflow. Permite utilizar la información recolectada para generar el modelo numérico.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Ecuación de Darcy



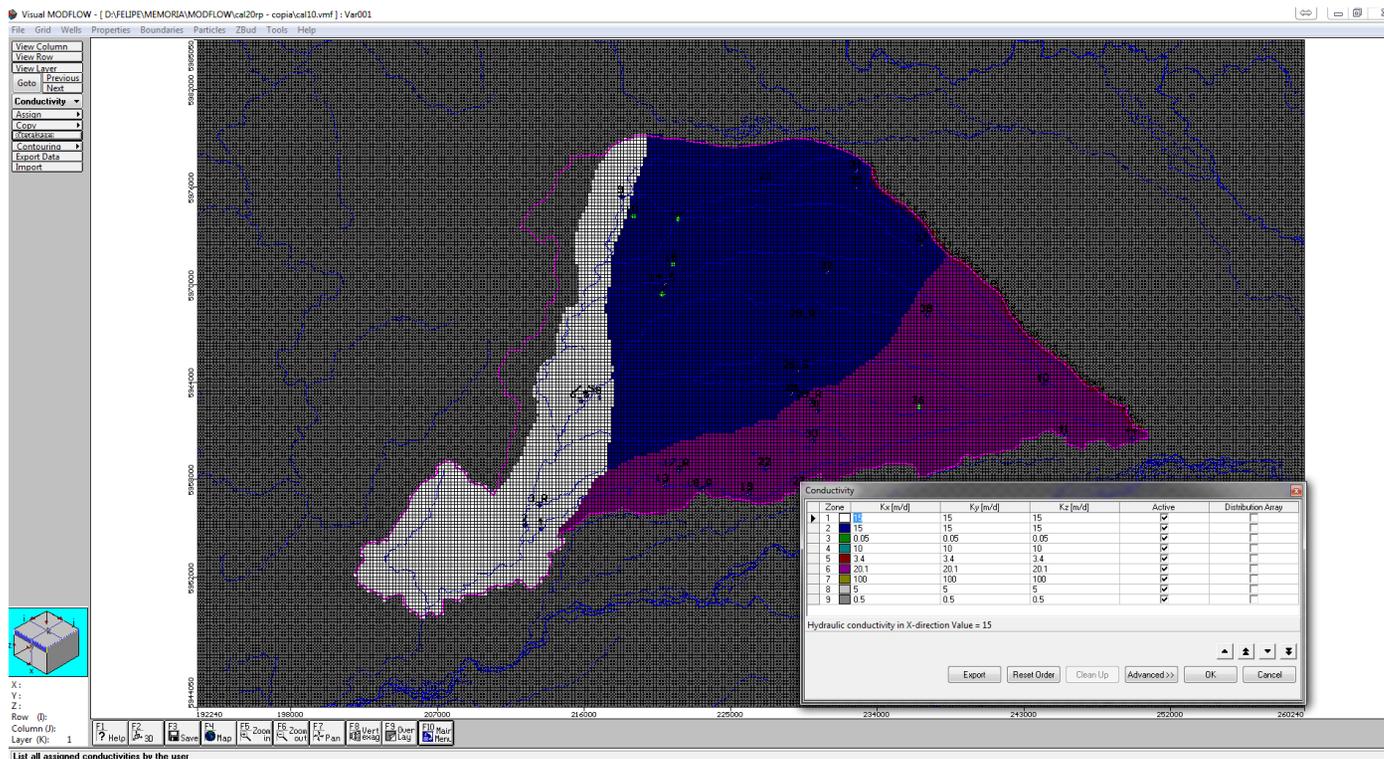
Geometría de las unidades hidrogeológicas

Modelo Numérico: Modflow

El modelo utilizado fue Modflow. Permite utilizar la información recolectada para generar el modelo numérico.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Ecuación de Darcy



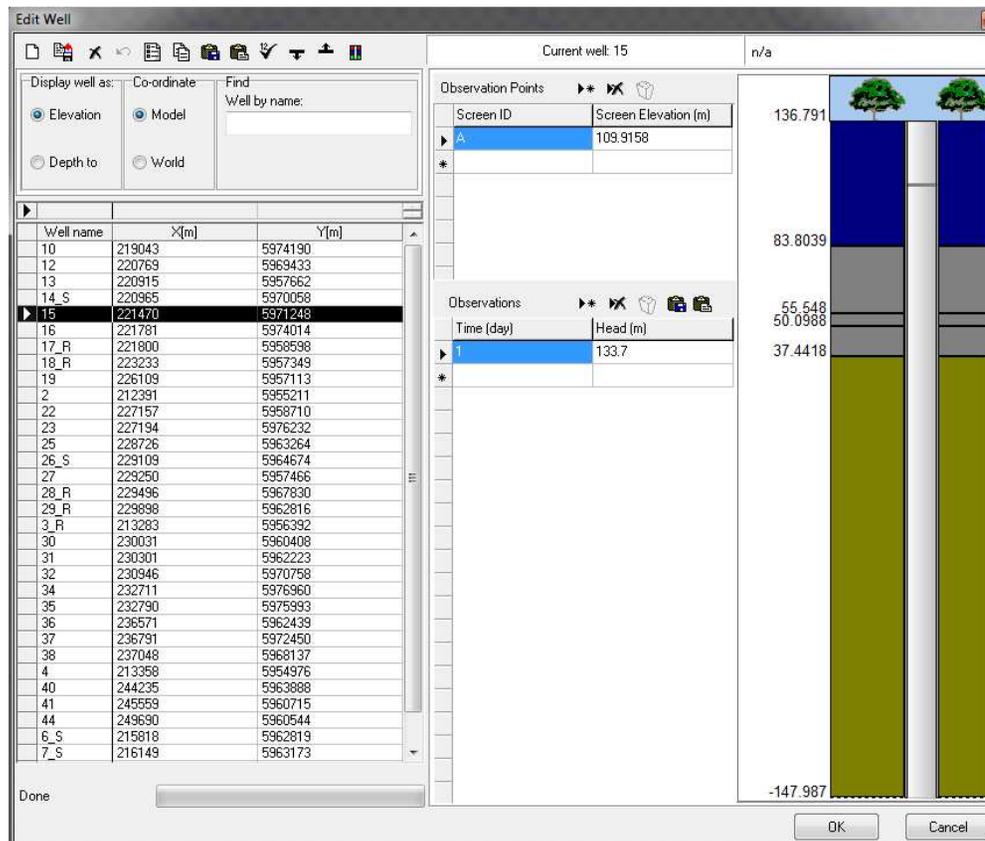
Parámetros
elásticos

Modelo Numérico: Modflow

El modelo utilizado fue Modflow. Permite utilizar la información recolectada para generar el modelo numérico.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

Ecuación de Darcy

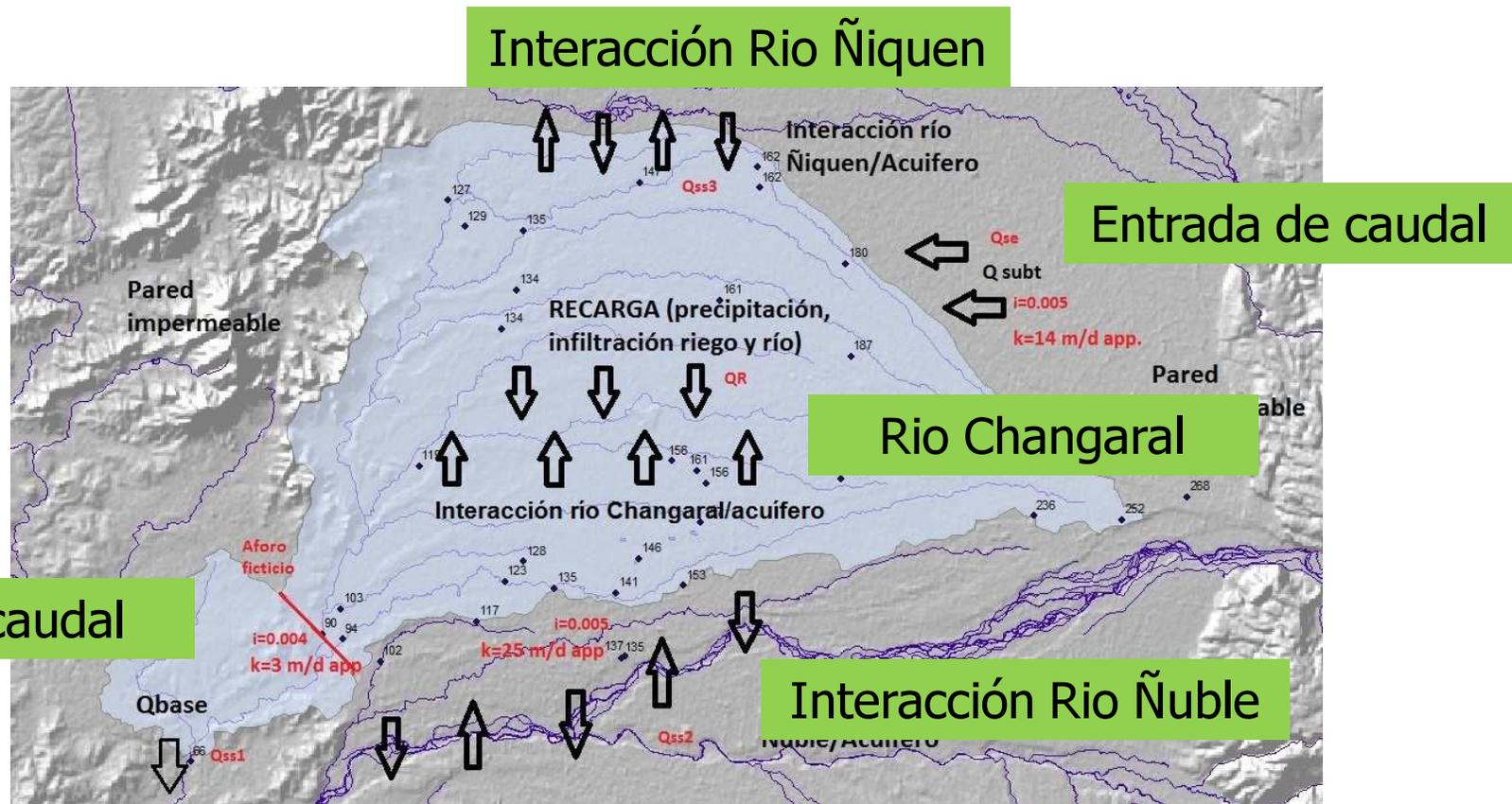


Configuración constructiva y tipo de captación (observación y/o producción)

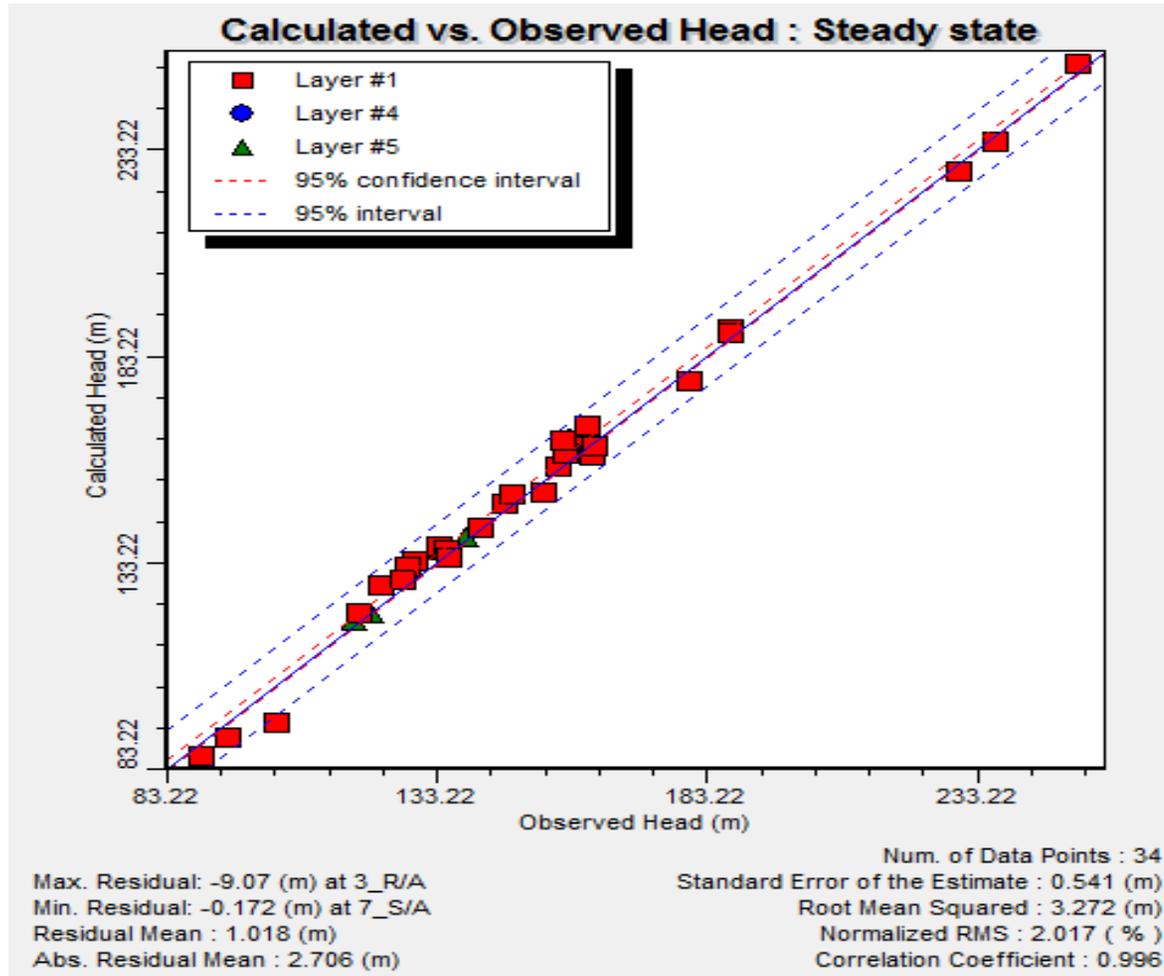
Modelo Numérico: Modflow

La **interacción del modelo** con el resto del medio en que se encuentra inmerso se denomina condición de borde.

Son sumamente **complejas de conocer**. Varían según su ubicación y además en el tiempo.



Calibración

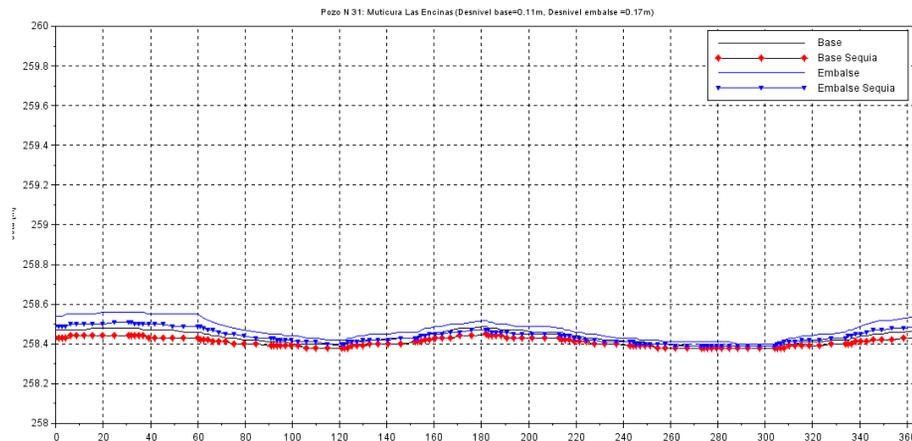
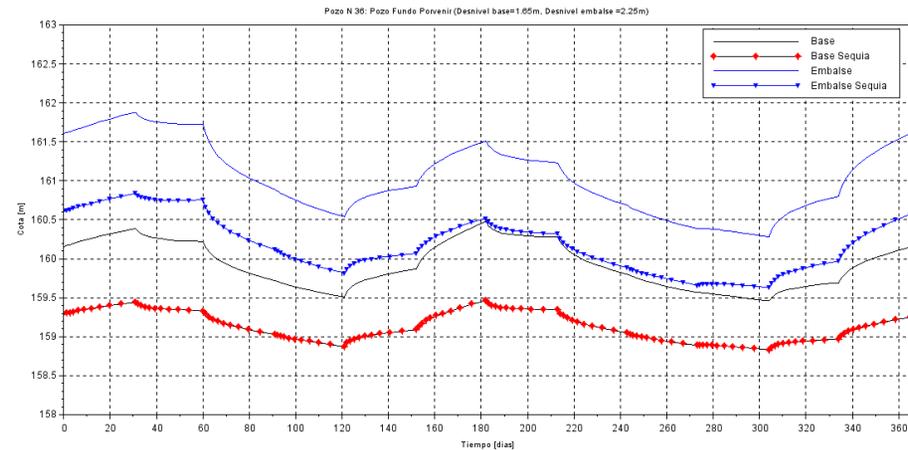


Resultados de la calibración

Comportamiento niveles simulados

Se obtuvo finalmente los niveles de los pozos para un año normal y un año de sequia

Algunos pozos descienden hasta 2,3m entre un año normal y uno de sequia



Otros se mantienen prácticamente sin variación

Evaluación de la Vulnerabilidad del Recurso Hídrico Subterráneo

Principal problemática:

Escasez hídrica, debido a la disminución de los niveles de agua dentro del acuífero en estudio



¿Cómo medimos la escasez hídrica?

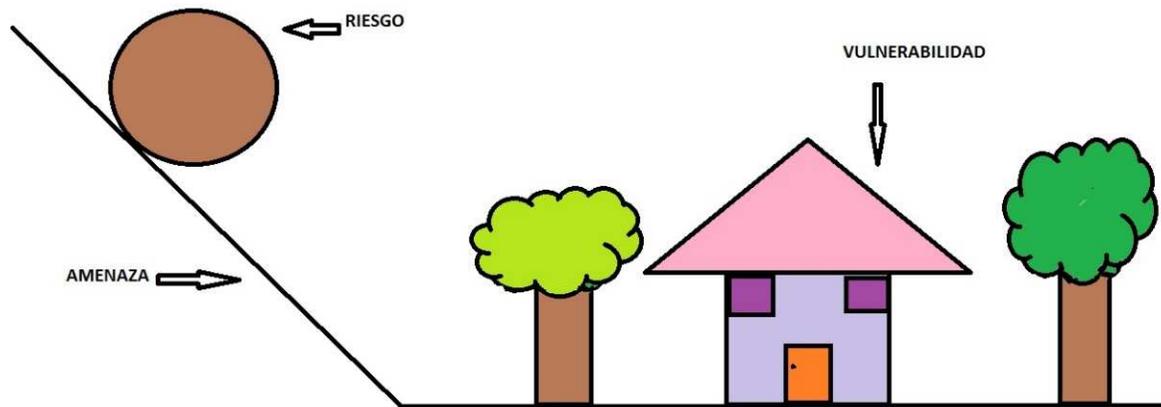


RIESGO DE ESCASEZ HÍDRICA



ANTECEDENTES PREVIOS

¿Qué es el riesgo?



$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

DESASTRE



¿Qué es la vulnerabilidad intrínseca?

Característica propia de cada población



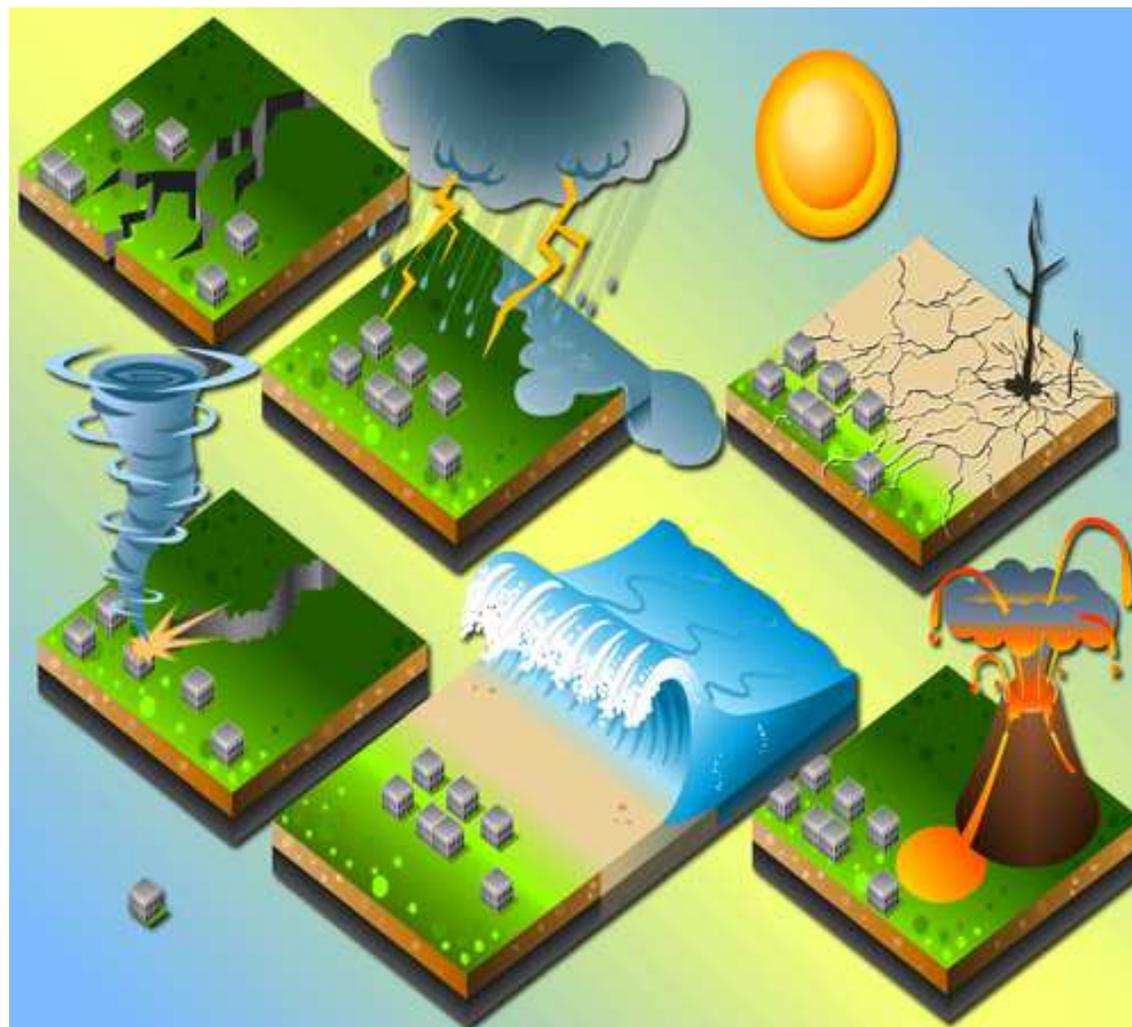
Relacionada con el desarrollo sostenible



Es independiente del tipo de amenaza



Fuente: EIRD/ONU, 2004

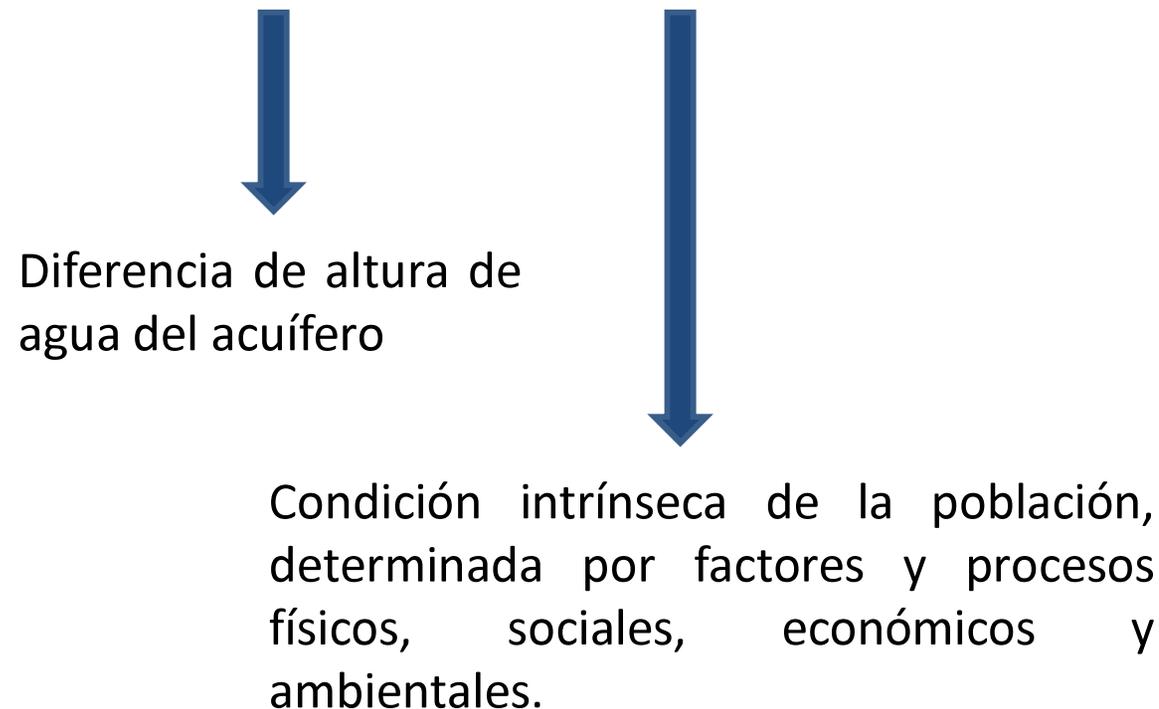


Fuente: www.multi-recursos.com

CONSTRUCCIÓN DEL RIESGO

A partir de los conceptos anteriores, el riesgo asociado a la escasez hídrica, se definirá como:

$$\mathbf{RIESGO = AMENAZA \times VULNERABILIDAD}$$



CONSTRUCCIÓN DEL RIESGO

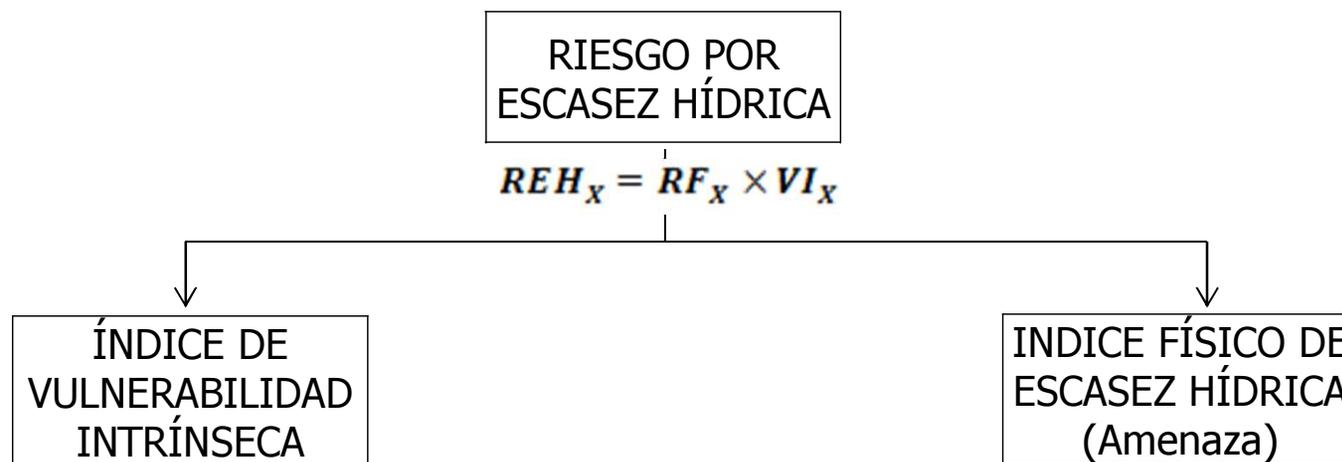
A partir de los conceptos anteriores, el riesgo asociado a la escasez hídrica, se definirá como:

$$\mathbf{RIESGO = AMENAZA \times VULNERABILIDAD}$$



RIESGO ASOCIADO A LA ESCASEZ HÍDRICA

A continuación se presenta el índice de riesgo por escasez hídrica " REH " para cada área de estudio " x ":

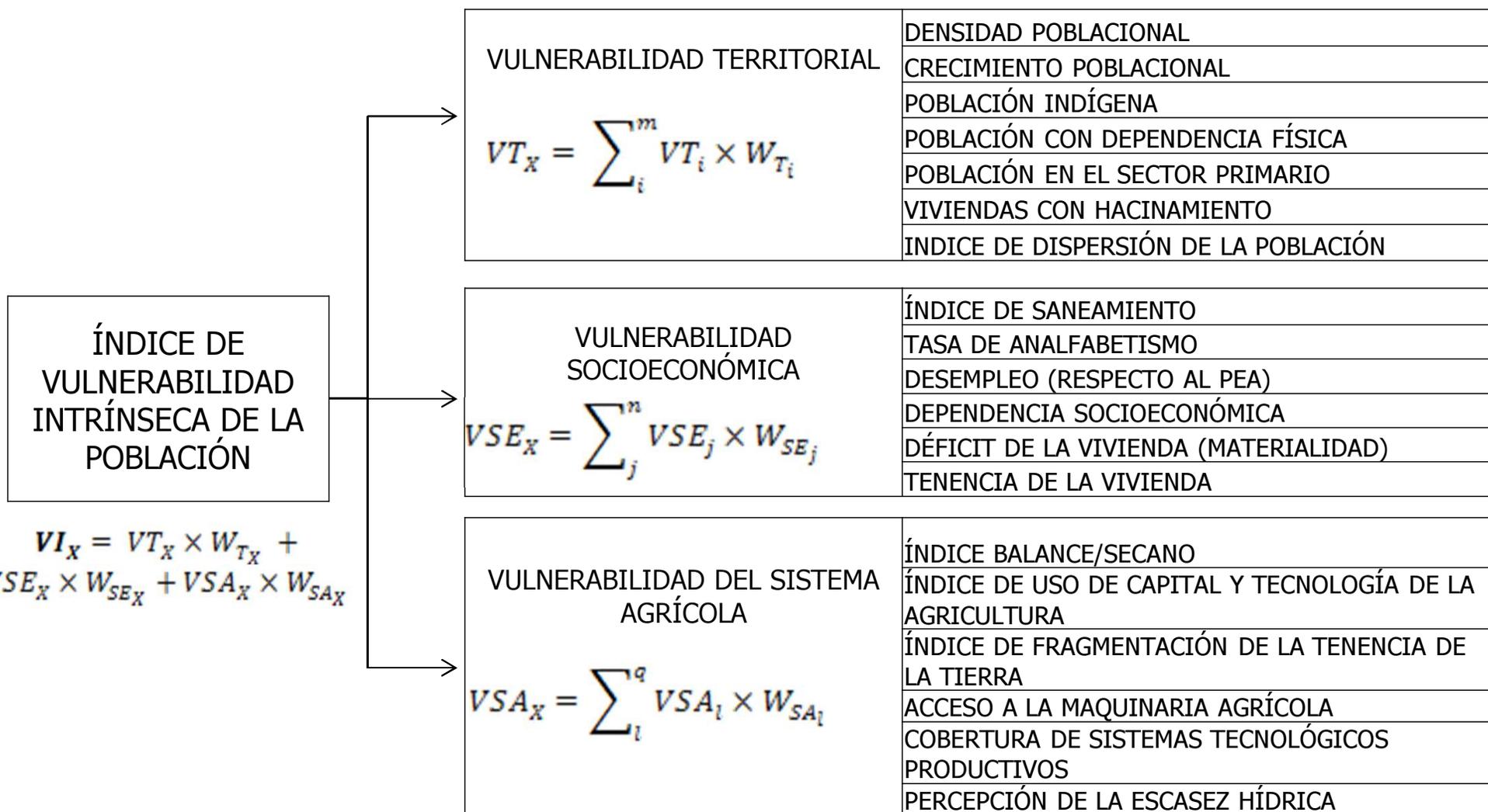


Estudios Base

- Existen diversas metodologías para cuantificar los efectos de la escasez hídrica:
 - Índices asociado al cambio climático, incluyendo variables como: calidad de agua, precipitaciones, temperatura y eventos climáticos [SEMARNAT, México, 2010].
 - Índice de escasez hídrica: Oferta y demanda del agua urbana. [IDEAM, Colombia, 1998]
 - Vulnerabilidad intrínseca de aguas subterráneas: Contaminación de aguas.
- **En este caso , será necesario conocer las características intrínsecas del sistema territorial: población, asentamientos humanos, aspectos sociales y económicos (sistema agrícola).**



RIESGO POR ESCASES HÍDRICA (Vulnerabilidad intrínseca)



- Se trabajó a nivel distrital (Según límites administrativos señalados por el INE).

Comuna de San Carlos			
Código INE	Distrito	Población (Censo 2002)	Viviendas (Censo 2002)
841601	Cementerio	12.593	3.747
841602	Plaza de Armas	10.602	3.146
841603	Medialuna	3.480	890
841604	San Carlos de Poniente	4.514	1.255
841605	Cocharcas	1.089	305
841606	Quilelto	3.142	842
841607	Monte Blanco	1.773	487
841608	Cachapoal	3.291	1.075
841609	Las Arboledas	2.542	721
841610	Agua Buena	3.555	1.015
841611	Bulí	1.376	410
841612	Millauquén	657	195
841613	Toquigua	1.176	394
841614	Colomávida	281	108
841699	Rezagados	17	8

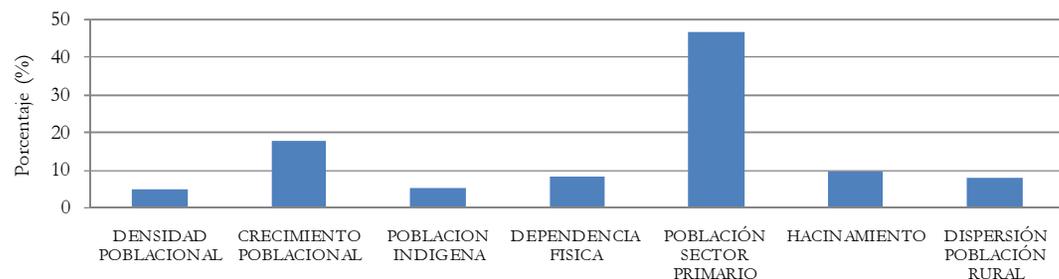
Fuente: INE, 2002.

Comuna de San Nicolás			
Código INE	Distrito	Población (Censo 2002)	Viviendas (Censo 2002)
841901	Quillahue	814	283
841902	San Nicolás	2.835	892
841903	Maravilla	405	134
841904	Vericó	655	241
841905	Monte León	1.349	403
841906	Dadincó	2.656	729
841907	Estero Cucha	1.027	331

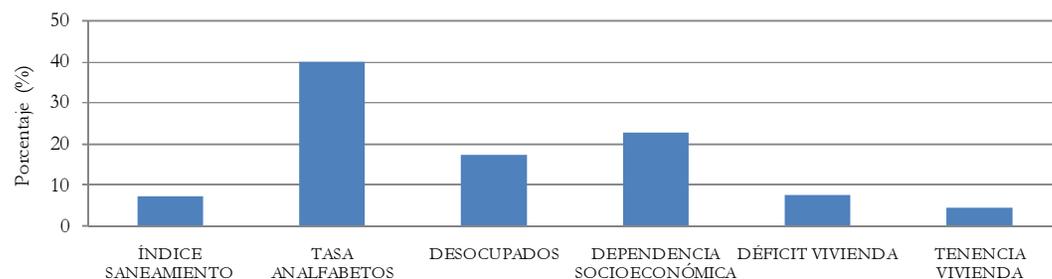
Fuente: INE, 2002.

Ponderación de variables

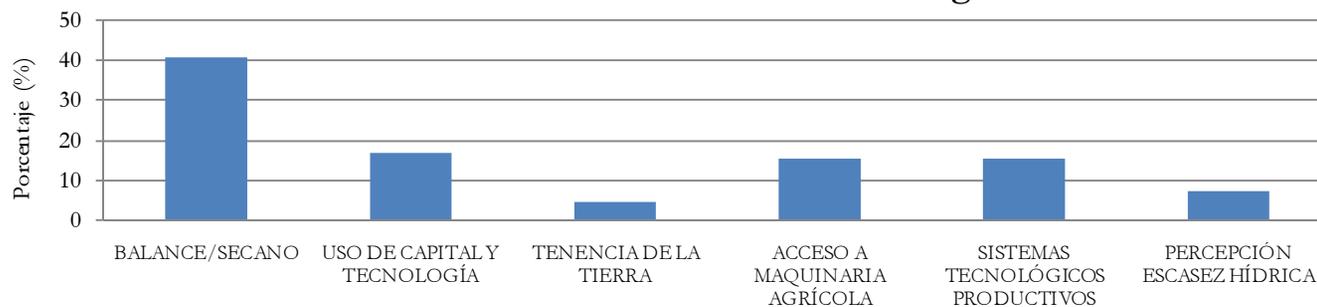
Ponderación Vulnerabilidad Territorial



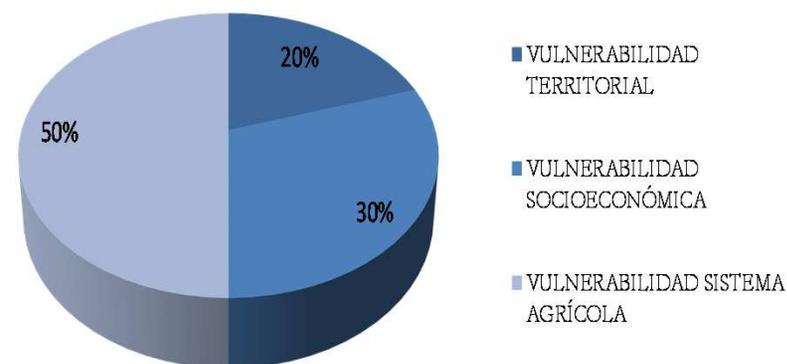
Ponderación Vulnerabilidad Socioeconómica



Ponderación Vulnerabilidad Sistema Agrícola



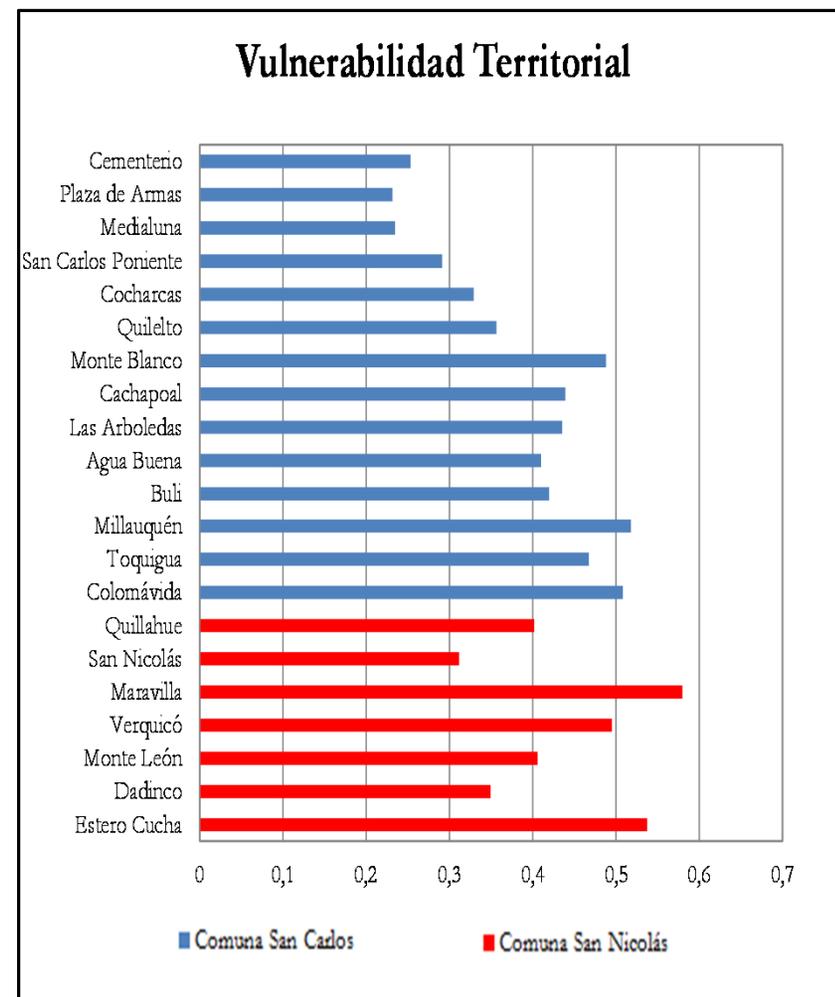
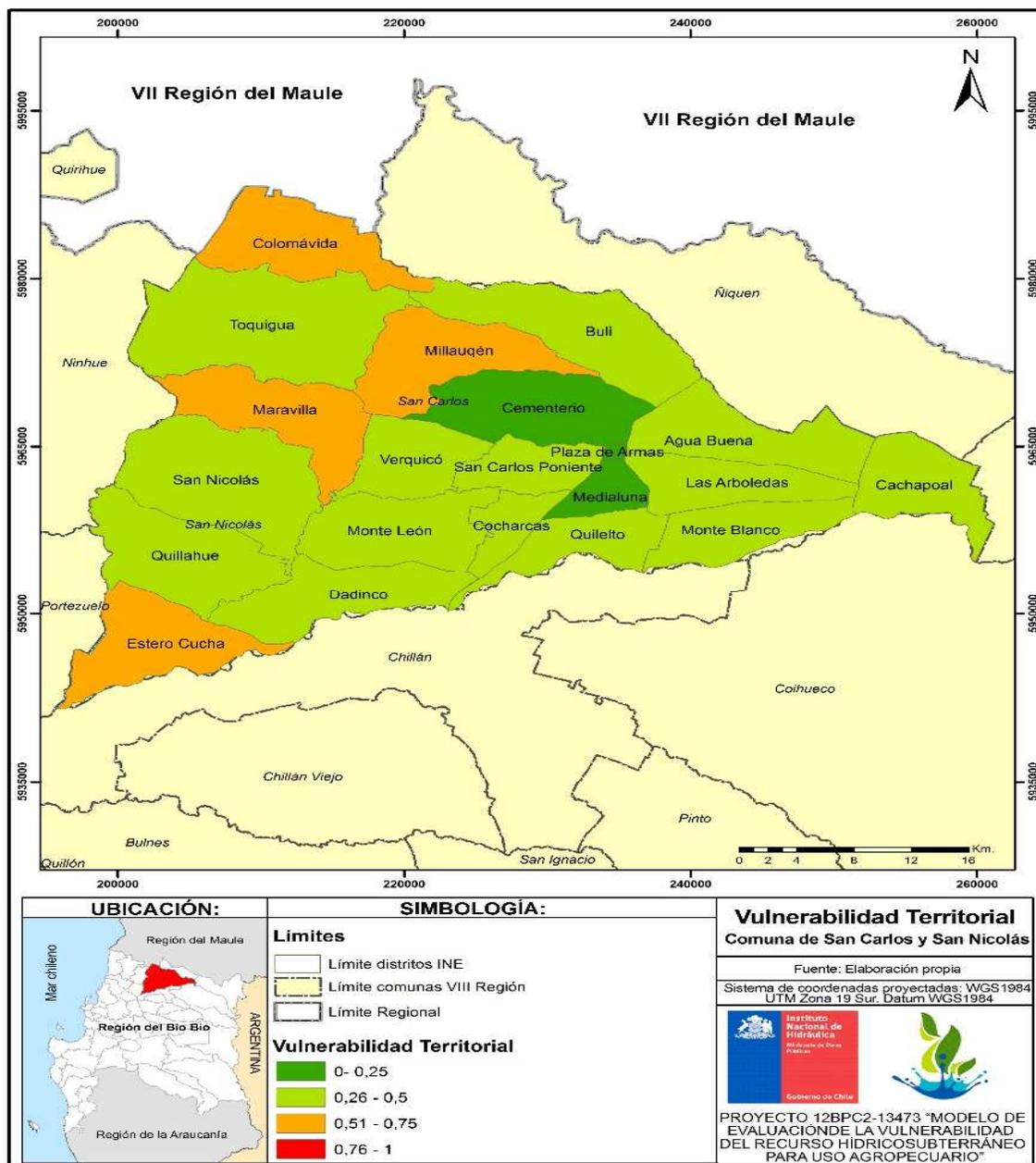
Ponderación Vulnerabilidad Intrínseca



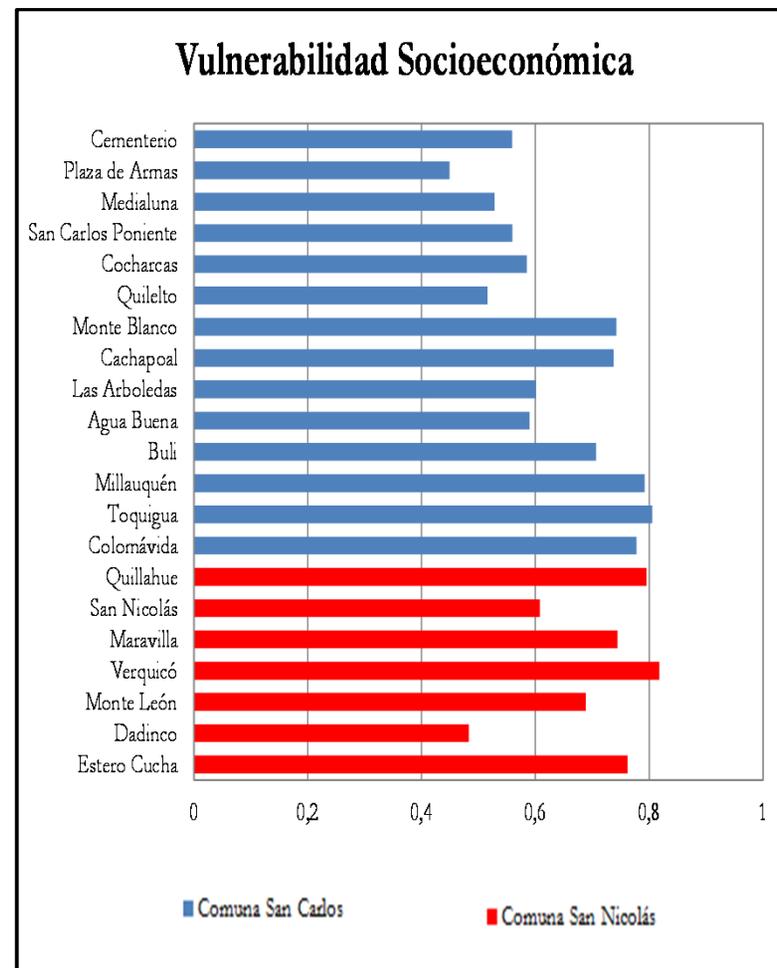
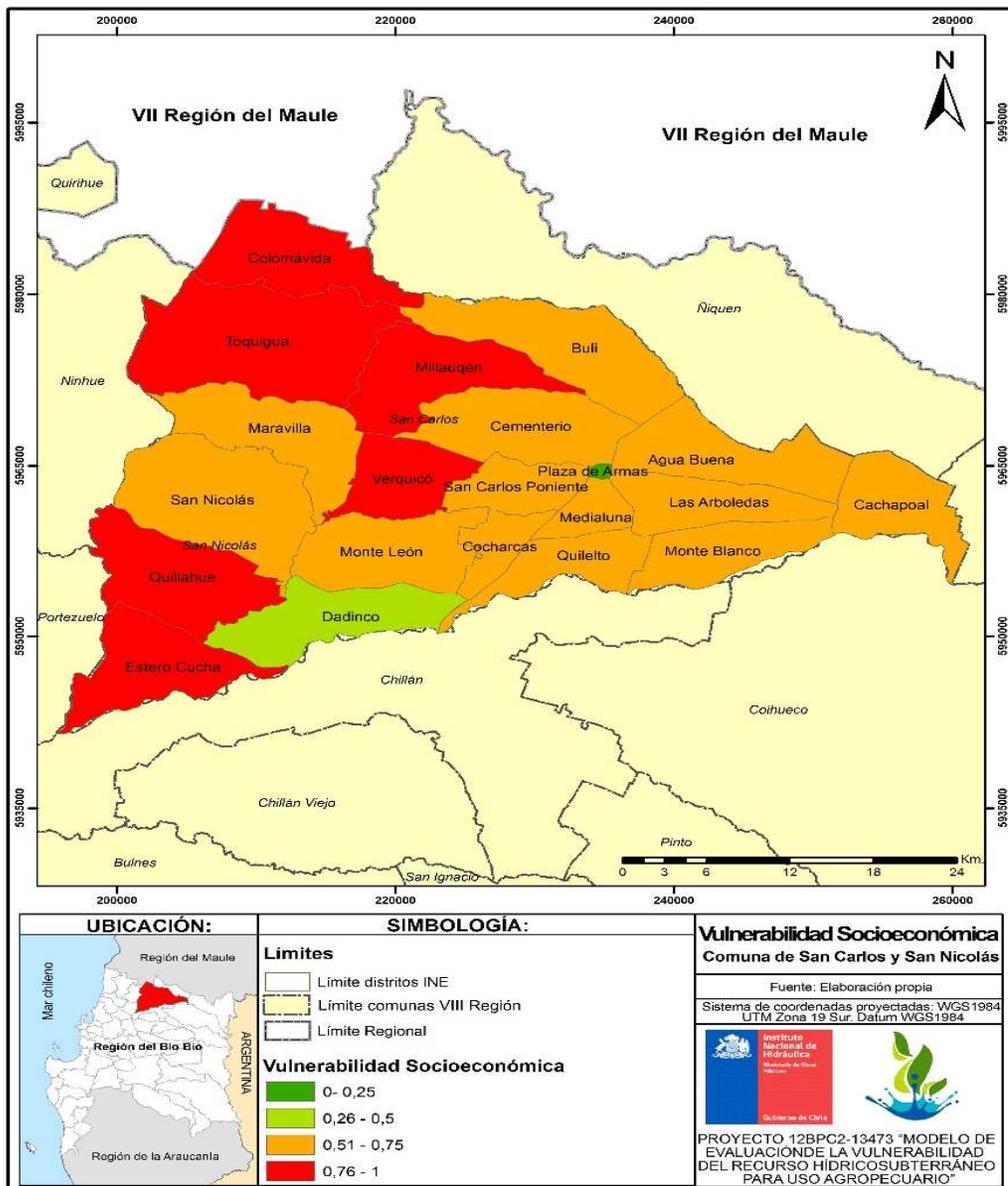
Fuente: Elaboración propia.



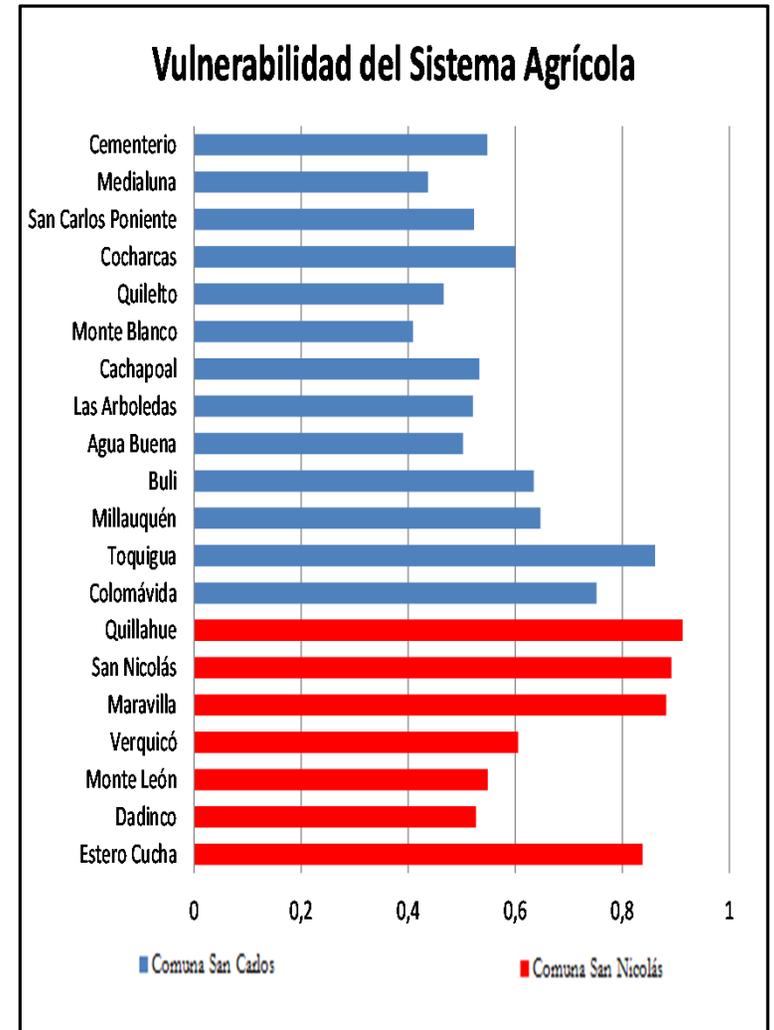
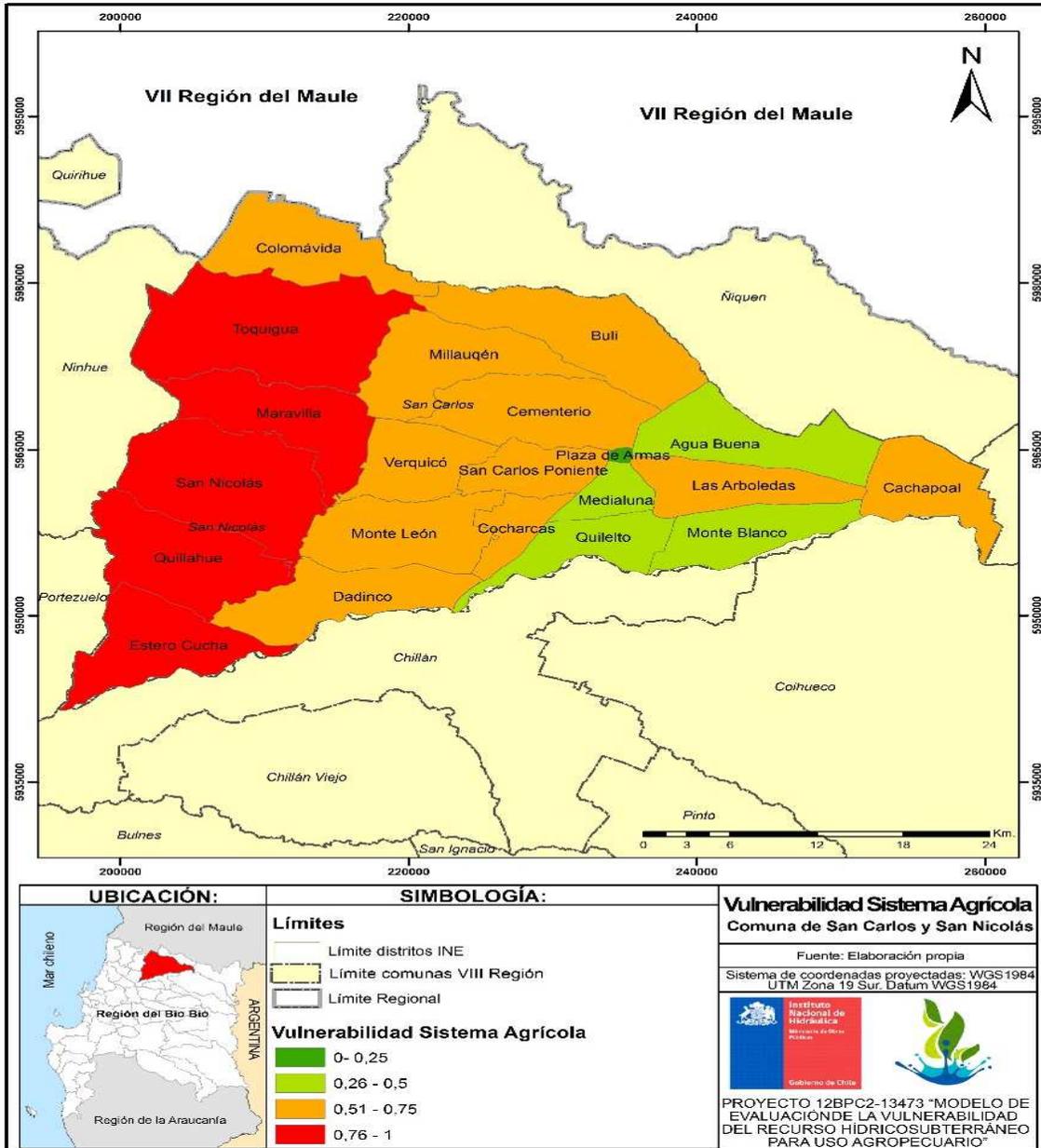
Resultados Vulnerabilidad Territorial



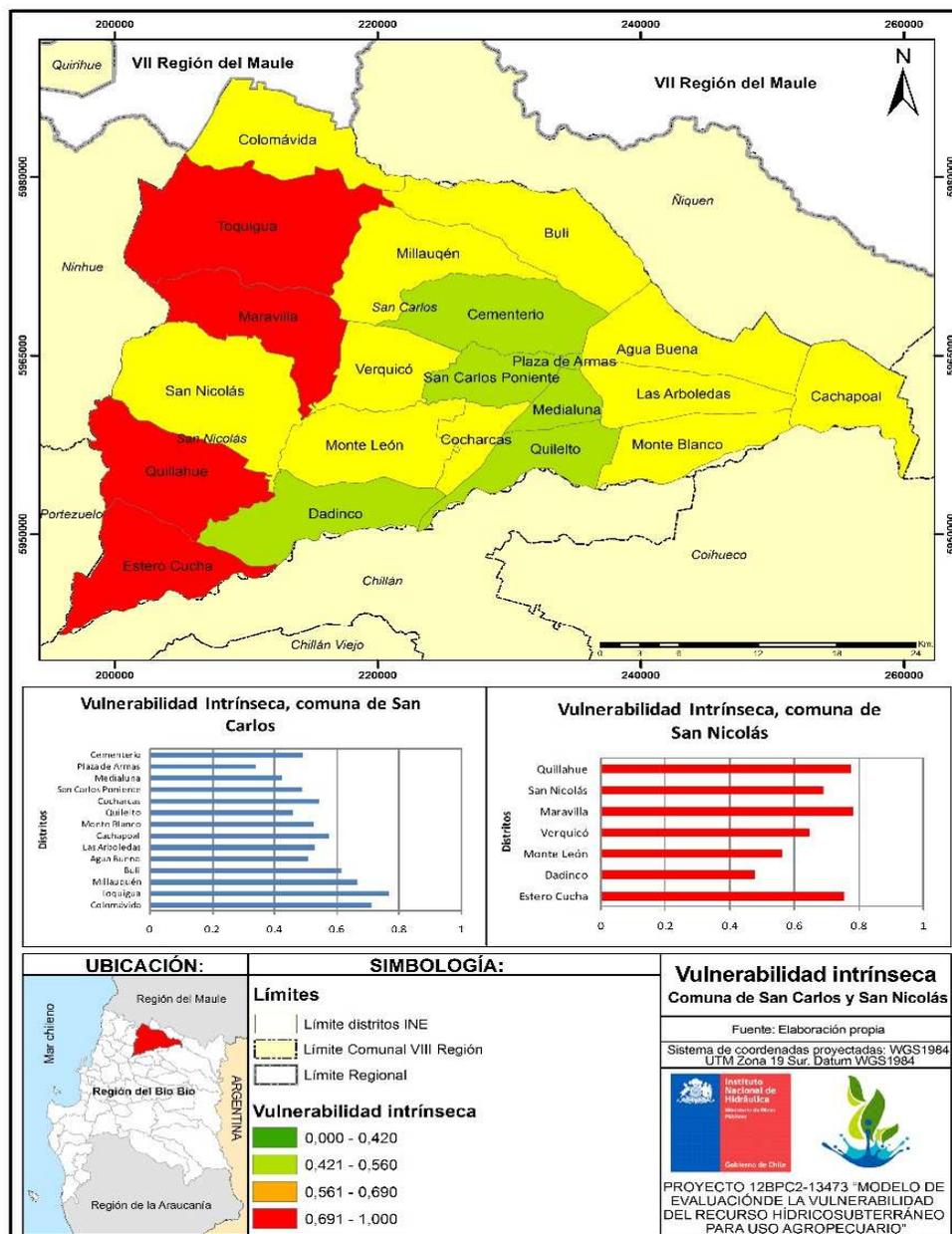
Resultados Vulnerabilidad Socioeconómica



Resultados Vulnerabilidad del Sistema Agrícola



Resultados Vulnerabilidad intrínseca de la población

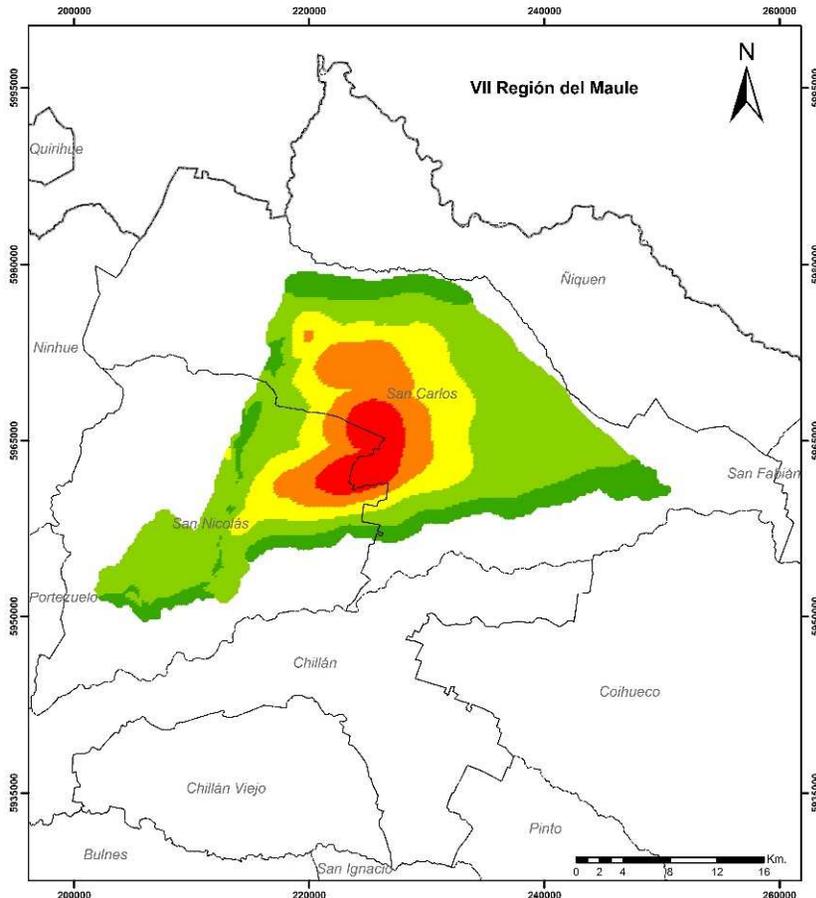
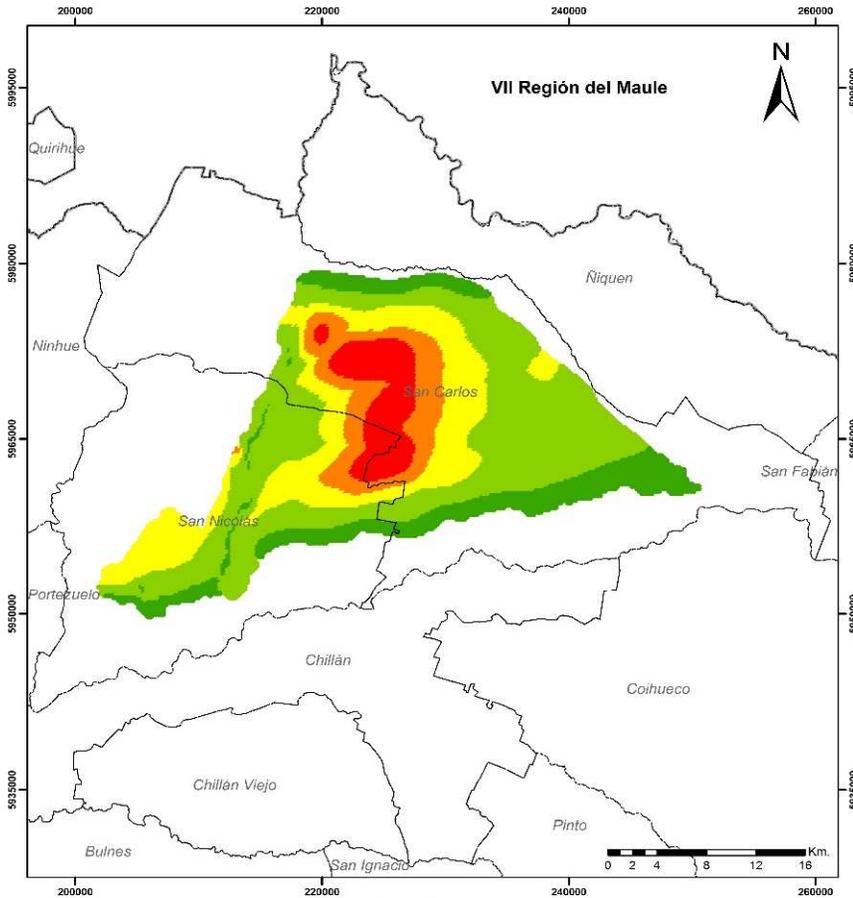


- La mayor vulnerabilidad se concentra en la zona Oeste de ambas comunas, dado por la condiciones intrínsecas del territorio:
 - Forman parte del sector del secano.
 - Lejanía a los centros poblados con mayor número de servicios.
 - Mayor condición de marginalidad y pobreza.
- Los distritos que poseen estas desventajas son: Estero Cucha, Quillahue, Maravilla, Toquigua y Colomávida, con un índice que supera los 0,7.

Índice de amenaza

Escenario con disminución recarga

Escenario con Embalse



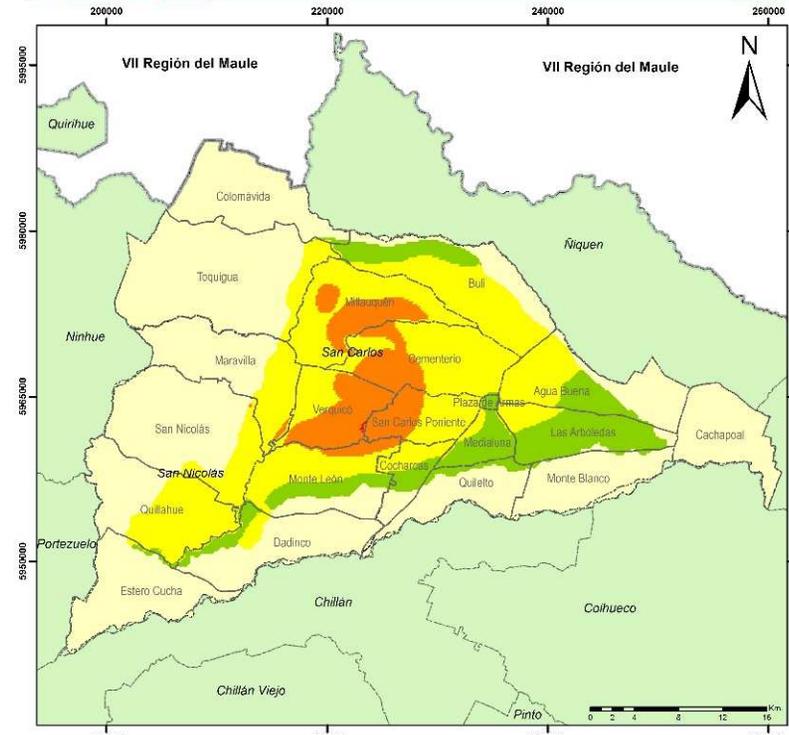
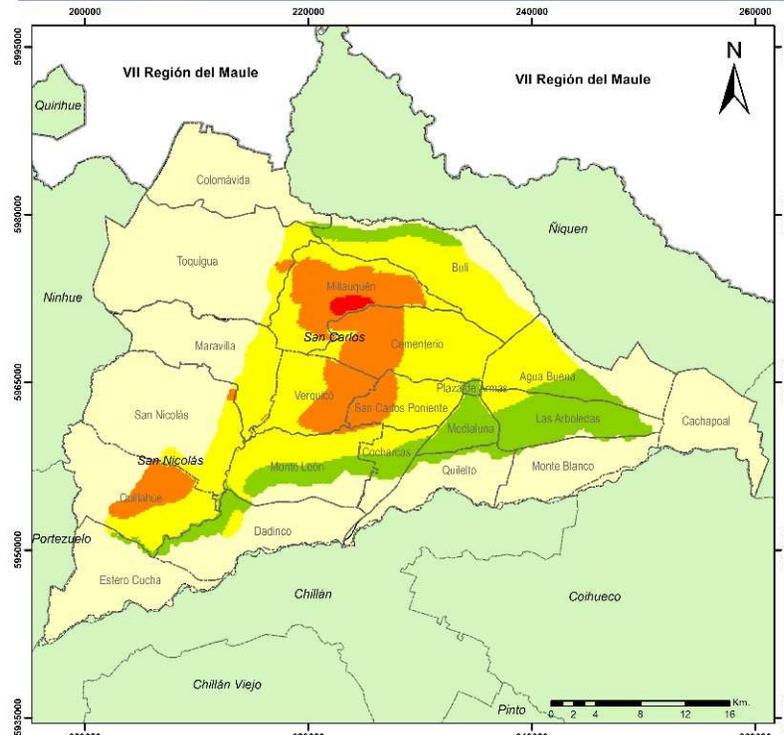
UBICACIÓN:	SIMBOLOGÍA:	ÍNDICE DE AMENAZA
	Límites Administrativos  Limite comunal  Limite Regional	Escenario base Fuente: Elaboración propia Sistema de coordenadas proyectadas: WGS1984 UTM Zona 19 Sur, Datum WGS1984   PROYECTO 12BPC2-13473 "MODELO DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO PARA USO AGROPECUARIO"
	Escenario Base Descenso (metros)	Condición de amenaza
	<ul style="list-style-type: none"> 0,000 - 0,520 0,521 - 1,040 1,041 - 1,560 1,561 - 2,080 2,081 - 2,600 	<ul style="list-style-type: none"> Muy baja Baja Media Alta Muy alta

UBICACIÓN:	SIMBOLOGÍA:	ÍNDICE DE AMENAZA
	Límites Administrativos  Limite comunal  Limite Regional	Escenario futuro Fuente: Elaboración propia Sistema de coordenadas proyectadas: WGS1984 UTM Zona 19 Sur, Datum WGS1984   PROYECTO 12BPC2-13473 "MODELO DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO PARA USO AGROPECUARIO"
	Escenario Futuro Descenso (metros)	Condición de amenaza
	<ul style="list-style-type: none"> 0,000 - 0,720 0,721 - 1,440 1,441 - 2,160 2,161 - 2,880 2,881 - 3,600 	<ul style="list-style-type: none"> Muy baja Baja Media Alta Muy alta

Evaluación del riesgo

Escenario con disminución recarga

Escenario con embalse



UBICACIÓN:	SIMBOLOGÍA:	Riesgo: Escenario base
	Límites - Distingros San Carlos y San Nicolás: - Área externa a cuenca del Changaral - Límite Comunal VIII Región - Límite Regional	Comuna de San Carlos y San Nicolás Información base: - Cartografía Censo 2002, nivel comunal y distrital. INE Datos cartográficos: Proyección Universal Transversal Mercator (UTM) Huso: Zona 19 Sur Datum: WGS-1984
	Riesgo : Escenario base 0,0000 - 0,2000 0,2001 - 0,4000 0,4001 - 0,6000 0,6001 - 0,8000 0,8001 - 1,0000	Condición de riesgo Muy bajo Bajo Medio Alto Muy alto
		PROYECTO INNOVA CORFO 12BPC2-13473 *Modelo de evaluación para la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo para uso agropecuario*  Financiado por: INNOVA CHILE Ejecutado por: Instituto Nacional de Hidráulica

UBICACIÓN:	SIMBOLOGÍA:	Riesgo: Escenario futuro
	Límites - Distingros San Carlos y San Nicolás: - Área externa a cuenca del Changaral - Límite Comunal VIII Región - Límite Regional	Comuna de San Carlos y San Nicolás Información base: - Cartografía Censo 2002, nivel comunal y distrital. INE Datos cartográficos: Proyección Universal Transversal Mercator (UTM) Huso: Zona 19 Sur Datum: WGS-1984
	Riesgo : Escenario futuro 0,000 - 0,200 0,201 - 0,400 0,401 - 0,600 0,601 - 0,800 0,801 - 1,000	Condición de riesgo Muy bajo Bajo Medio Alto Muy alto
		PROYECTO INNOVA CORFO 12BPC2-13473 *Modelo de evaluación para la vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo para uso agropecuario*  Financiado por: INNOVA CHILE Ejecutado por: Instituto Nacional de Hidráulica

Trabajos Propuestos a Futuro

Trabajos propuestos a posteriori

Estudio de recopilación, actualización y mejoramiento modelo hidrológico distribuido zona de riego Ñuble Norte

Definición de bases conceptuales para elaboración de proyectos riego a pequeña escala con uso mixto superficial y subterráneo

Proyecto de Innovación Agrícola para la implementación de TIC e instrumentación en riego participativo mediante aguas subterráneas

Proyecto Conjunto Diseño y Aplicación de planta piloto tratamiento bacteriológico UV

Proyecto Social Medición Niveles Estáticos (experiencias DGA en medición pluviométrica)

Asesoría Técnica en aguas subterráneas

Héctor Enrique Hernández Jara

Ingeniero de Proyectos

Unidad de Ingeniería y Desarrollo - Instituto Nacional de Hidráulica

Fono: (56-2) 8120100 Anexo 36 – hectorhernandez@inh.cl

Av. Concordía 0620, Peñaflores

www.inh.cl

