



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**Facultad de Arquitectura y Urbanismo**  
**Escuela de Geografía**

# **EVALUACIÓN DEL PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE**

**Memoria para optar al título de Geógrafo**

**ANDRÉS FIGUEROA GARCÍA**

**Profesor guía: Francisco Ferrando Acuña**

**SANTIAGO-CHILE**  
**ABRIL, 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

*En esta oportunidad, quiero agradecer a todas las personas que directa o indirectamente me han ayudado a llegar hasta esta etapa de mi formación profesional. Especialmente quiero dar las gracias a quienes me han acompañado por este largo camino, me refiero a mis amigos: Claudio Retamal, Juan Robles, Miguel Ángel Venegas, Fabiola Rodríguez y Marcela Coliman.*

*Además, quiero agradecer a los profesores Carlos Espinoza y Francisco Ferrando por los consejos, y por la guía que me han brindado en la elaboración de este documento.*

*Finalmente, dedico con mucho cariño el presente trabajo a mi Madre, y a mis sobrinos Iván y Nicolás.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulos	Detalle	Páginas
I	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
II	<b>ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	6
III	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	8
III.1	<b>Problema</b> .....	8
III.2	<b>Hipótesis de trabajo</b> .....	9
III.3	<b>Objetivo general y específicos</b> .....	9
III.3.1	<i>Objetivo general</i> .....	9
III.3.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	9
III.4	<b>Resultados esperados</b> .....	10
IV	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	11
IV.1	<b>El peligro de contaminación de aguas subterráneas</b> .....	11
IV.2	<b>Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos</b> .....	12
IV.2.1	<i>Importancia del suelo y la zona no saturada en la atenuación de contaminantes</i> ...	13
IV.2.2	<i>Procesos de atenuación y eliminación de contaminantes que se desarrollan en los acuíferos</i> .....	14
IV.2.3	<i>Métodos para la evaluación de la vulnerabilidad</i> .....	14
IV.2.4	<i>Proceso de evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas</i> .....	15
IV.2.5	<i>Cartografía de la vulnerabilidad de acuíferos</i> .....	16
IV.3	<b>Contaminación de aguas subterráneas</b> .....	17
IV.3.1	<i>Formas de contaminación de las aguas subterráneas</i> .....	18
IV.3.2	<i>Principales contaminantes de las aguas subterráneas</i> .....	18
IV.3.3	<i>Actividades potencialmente contaminantes de las aguas subterráneas</i> .....	19
V	<b>METODOLOGÍA Y PASOS METODOLÓGICOS</b> .....	21
V.1	<b>Metodología</b> .....	21
V.2	<b>Pasos metodológicos</b> .....	24
V.2.1	<i>Caracterización del área de estudio</i> .....	24
V.2.2	<i>Aplicación del método BGR para la determinación de la vulnerabilidad</i> .....	24
V.2.2.1	Determinación de la capacidad de campo efectiva (puntaje S) .....	25
V.2.2.2	Determinación de la tasa de percolación o recarga (factor R) .....	30
V.2.2.3	Evaluación del espesor de la zona no saturada (factor E) .....	31
V.2.2.4	Evaluación del tipo litológico o estratigrafía (puntaje L) .....	32
V.2.2.4.1	Evaluación de los depósitos no consolidados (puntaje Ln) .....	32
V.2.2.5	Evaluación de las condiciones artesianas (puntaje extra A) .....	34
V.2.2.6	Determinación de la efectividad de protección .....	34
V.2.2.6.1	Determinación de la efectividad de protección del suelo (puntaje P <sub>1</sub> ) .....	34
V.2.2.6.2	Evaluación de la efectividad de protección de la cubierta litológica (puntaje P <sub>2</sub> ) .....	35
V.2.2.6.3	Determinación de la efectividad de protección generalizada y la vulnerabilidad asociada .....	35
V.2.3	<i>Aplicación del método GOD para la determinación de la vulnerabilidad</i> .....	36

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulos	Detalle	Páginas
V.2.3.1	Evaluación de la forma en que se presenta el agua subterránea en el área de estudio (parámetro G) .....	39
V.2.3.2	Evaluación de las características de la zona no saturada (parámetro O) .....	39
V.2.3.3	Evaluación de la profundidad del nivel freático (parámetro D) .....	39
V.2.3.4	Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al método GOD .....	39
V.2.3.5	Determinación del factor S para la obtención del índice GOD-S .....	40
V.2.3.6	Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al índice GOD-S .....	40
V.2.4	<i>Comparación de los métodos GOD y BGR en la determinación de la vulnerabilidad</i> .....	40
V.2.5	<i>Determinación de la carga contaminante y el peligro potencial de contaminación en la provincia de Talagante</i> .....	41
V.2.5.1	Determinación de la generación potencial de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación generado por las fuentes urbanas en la provincia de Talagante .....	43
V.2.5.1.1	Almacenamiento de combustibles líquidos .....	43
V.2.5.1.2	Vertederos ilegales de residuos sólidos (VIRS) .....	45
V.2.5.1.3	Saneamiento <i>in situ</i> .....	45
V.2.5.1.4	Recintos hospitalarios .....	46
V.2.5.1.5	Cementerios .....	47
V.2.5.2	Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación debido a las vías de transporte en la provincia de Talagante .....	48
V.2.5.3	Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación de la actividad industrial en la provincia de Talagante .....	48
V.2.5.4	Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación de la actividad agrícola en la provincia de Talagante .....	50
<b>VI</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
VI.1	<b>Resultados de la caracterización del área de estudio</b> .....	<b>52</b>
VI.1.1	<i>Características de la población</i> .....	52
VI.1.2	<i>Características del clima</i> .....	55
VI.1.3	<i>Características de la geología y la geomorfología</i> .....	58
VI.1.4	<i>Características de los suelos</i> .....	60
VI.1.5	<i>Características hidrológicas del área de estudio</i> .....	67
VI.1.6	<i>Características de la vegetación</i> .....	70
VI.1.7	<i>Características de la hidrogeología</i> .....	72
VI.1.7.1	Estratigrafía .....	72
VI.1.7.2	Profundidad del agua subterránea .....	76
VI.1.7.3	Dirección del flujo de agua subterránea .....	80
VI.2	<b>Resultados de la aplicación del método BGR para la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio</b> .....	<b>82</b>
VI.2.1	<i>Determinación de la capacidad de campo efectiva (puntaje S)</i> .....	82
VI.2.2	<i>Determinación de la tasa de percolación o recarga (factor R)</i> .....	85
VI.2.3	<i>Evaluación del espesor de la zona no saturada (factor E)</i> .....	87
VI.2.4	<i>Evaluación estratigráfica (puntaje Ln)</i> .....	92

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulos	Detalle	Páginas
VI.2.5	<i>Determinación de la efectividad de protección del suelo y de la cubierta litológica.....</i>	93
VI.2.5.1	<i>Determinación de la efectividad de protección del suelo .....</i>	93
VI.2.5.2	<i>Determinación de la efectividad de protección de la cubierta litológica.....</i>	94
VI.2.6	<i>Determinación de la efectividad de protección y la vulnerabilidad asociada.....</i>	97
VI.3	<b>Resultados de la aplicación del método GOD para la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio .....</b>	<b>100</b>
VI.3.1	<i>Forma en que se presenta el agua subterránea, o tipo de acuífero (factor G) .....</i>	100
VI.3.2	<i>Evaluación del sustrato litológico (factor O) .....</i>	100
VI.3.3	<i>Evaluación de la profundidad de las aguas subterráneas (factor D) .....</i>	101
VI.3.4	<i>Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al método GOD .....</i>	105
VI.3.5	<i>Evaluación del factor S para la determinación del índice GOD-S .....</i>	107
VI.3.6	<i>Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al índice GOD-S .....</i>	109
VI.4	<b>Resultados de la comparación de los métodos para la determinación de la vulnerabilidad .....</b>	<b>111</b>
VI.4.1	<i>Comparación de los métodos .....</i>	111
VI.4.2	<i>Comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos GOD y BGR en el área de estudio .....</i>	112
VI.5	<b>Resultados de la determinación del peligro potencial de contaminación en el área de estudio .....</b>	<b>116</b>
VI.5.1	<i>Fuentes contaminantes urbanas .....</i>	116
VI.5.1.1	<i>Peligro potencial generado por el almacenamiento de combustibles líquidos.....</i>	116
VI.5.1.1.1	<i>Estaciones de servicio .....</i>	116
VI.5.1.1.2	<i>Consumos propios.....</i>	119
VI.5.1.2	<i>Peligro potencial de contaminación generado por los Vertederos Ilegales de Residuos Sólidos (VIRS) .....</i>	122
VI.5.1.3	<i>Peligro potencial de contaminación generado por el saneamiento in situ.....</i>	125
VI.5.1.4	<i>Peligro potencial de contaminación generado por los recintos hospitalarios.....</i>	130
VI.5.1.5	<i>Peligro potencial de contaminación generado por los cementerios.....</i>	133
VI.5.2	<i>Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas generado por las vías de transporte en el área de estudio .....</i>	135
VI.5.3	<i>Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a la actividad industrial .....</i>	137
VI.5.4	<i>Peligro potencial de contaminación generado por la actividad agrícola.....</i>	142
VI.5.4.1	<i>Tipos de cultivos en la provincia de Talagante .....</i>	143
VI.5.4.2	<i>Tipos de riego en la provincia de Talagante .....</i>	144
VI.5.4.3	<i>Peligro potencial generado por la actividad agrícola en la provincia de Talagante .....</i>	147
VI.5.5	<i>Principales zonas con peligro potencial de contaminación paras las aguas subterráneas en la provincia de Talagante .....</i>	149
VII	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>152</b>
VII.1	<b>Conclusiones con respecto a la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación en el área de estudio .....</b>	<b>152</b>
VII.2	<b>Conclusiones con respecto a la comparación entre el método BGR y GOD en la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio .....</b>	<b>154</b>
VII.3	<b>Conclusiones con respecto a la determinación del peligro potencial de contaminación en la provincia de Talagante .....</b>	<b>156</b>

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulos	Detalle	Páginas
<b>VIII</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>158</b>
VIII.1	Anexo n° 1: Datos de los pozos utilizados en la evaluación .....	159
VIII.2	Anexo n° 2 Datos de precipitación en el área de estudio .....	162
VIII.3	Anexo n° 3 Datos de caudales medios mensuales en el área de estudio .....	164
VIII.4	Anexo n° 4 Datos de niveles estáticos mensuales de pozos en el área de estudio .....	166
VIII.5	Anexo n° 5 Características físico químicas de las series de suelo para la determinación de la capacidad de campo en el área de estudio .....	173
VIII.6	Anexo n° 6 Descripción estratigráfica de los pozos utilizados en la evaluación, y puntajes Ln asignados .....	185
<b>IX</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>188</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Detalle	Páginas
N° 1	Principales actividades que generan una potencial carga contaminante al subsuelo .....	19
N° 2	Evaluación de los suelos sobre la base de la capacidad de campo efectiva (CCE) .....	25
N° 3	Capacidad de campo efectiva unitaria según el tipo de suelo y la densidad efectiva de depositación .....	27
N° 4	Clasificación de la densidad efectiva de depositación Dd .....	29
N° 5	Valoración de la recarga en el acuífero (factor R) .....	30
N° 6	Equivalencias litológicas para descripciones estratigráficas de sondeos , y puntajes Ln asociados .....	33
N° 7	Efectividad de protección y vulnerabilidad asociada según el método BGR .....	36
N° 8	Categorización de fuentes de contaminación difusa de acuerdo al método POSH .....	41
N° 9	Categorización de fuentes de contaminación puntuales de acuerdo al método POSH .....	41
N° 10	Población urbana y rural en la provincia de Talagante .....	52
N° 11	Distribución de la población por comuna en la provincia de Talagante .....	52
N° 12	Distribución de la población según rama de actividad económica en la provincia de Talagante .....	53
N° 13	Capacidad de campo efectiva de las series de suelo presentes en el área de estudio .....	82
N° 14	Capacidad de campo y puntajes S correspondientes a los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica .....	83
N° 15	Características de los sectores de recarga en el área de estudio .....	85
N° 16	Recarga y factor R asociado correspondientes a los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica .....	87
N° 17	Pozos con niveles estáticos medidos el primer semestre del año 1998 .....	88
N° 18	Pozos con datos de niveles estáticos medidos en la fecha de construcción del pozo .....	88
N° 19	Espesor de la zona no saturada establecida para los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica .....	90
N° 20	Puntajes obtenidos por los pozos tras la evaluación estratigráfica .....	92
N° 21	Efectividad de protección del suelo (puntaje P <sub>1</sub> ) correspondientes a los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica .....	94
N° 22	Efectividad de protección de la cubierta litológica (puntaje P <sub>2</sub> ) correspondiente a los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica .....	95
N° 23	Puntajes totales obtenidos por los pozos utilizados en la evaluación .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Detalle	Páginas
N° 24	Factores del método GOD de los pozos utilizados en la evaluación .....	107
N° 25	Puntajes obtenidos por los pozos mediante el índice GOD-S .....	109
N° 26	Resultados obtenidos en los pozos utilizados en la evaluación .....	114
N° 27	Índice de generación de carga contaminante para las estaciones de servicio .....	116
N° 28	Potencial generación de carga contaminante de las estaciones de servicio en la provincia de Talagante .....	116
N° 29	Peligro potencial de contaminación generado por las estaciones de servicio en la provincia de Talagante .....	117
N° 30	Índice de generación de carga contaminante para los consumos propios .....	119
N° 31	Potencial generación de carga contaminante de los consumos propios en la provincia de Talagante .....	120
N° 32	Peligro potencial de contaminación generado por los consumos propios en la provincia de Talagante .....	122
N° 33	Índice de generación de carga contaminante para los vertederos de residuos sólidos .....	122
N° 34	Generación potencial de carga contaminante de los VIRS en la provincia de Talagante .....	123
N° 35	Peligro potencial de contaminación generado por los VIRS en la provincia de Talagante .....	123
N° 36	Índice de generación de carga contaminante para los sistemas de saneamiento del método POSH .....	125
N° 37	Niveles de cobertura de agua potable en la provincia de Talagante .....	126
N° 38	Niveles de cobertura de alcantarillado en la provincia de Talagante .....	126
N° 39	Generación potencial de carga contaminante debido al saneamiento <i>in situ</i> en las zonas urbanas de la provincia de Talagante .....	127
N° 40	Generación potencial de carga contaminante debido al saneamiento <i>in situ</i> en las zonas rurales de la provincia de Talagante .....	127
N° 41	Peligro potencial de contaminación debido al saneamiento <i>in situ</i> en la provincia de Talagante .....	128
N° 42	Índice de generación de carga contaminante para los recintos hospitalarios .....	130
N° 43	Generación potencial de carga contaminante de los recintos hospitalarios en la provincia de Talagante .....	131
N° 44	Peligro potencial de contaminación debido a los recintos hospitalarios en la provincia de Talagante .....	131
N° 45	Peligro potencial debido a los cementerios en la provincia de Talagante .....	133
N° 46	Peligro potencial de contaminación debido a las vías de transporte en la provincia de Talagante .....	135
N° 47	Índice de generación de carga contaminante para la actividad industrial del método POSH ..	138
N° 48	Industrias generadoras de RILES en la provincia de Talagante .....	138
N° 49	Peligro potencial de contaminación debido a la actividad industrial en la provincia de Talagante .....	139
N° 50	Principales tipos de contaminantes que produce la actividad agrícola .....	142
N° 51	Índice de generación de carga contaminante para la actividad agrícola .....	143
N° 52	Superficie plantada o sembrada por tipo de cultivo en la provincia de Talagante .....	143
N° 53	Superficie regada según el tipo de riego utilizado en la provincia de Talagante .....	144
N° 54	Peligro potencial generado por la actividad agrícola en la provincia de Talagante .....	147

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráficos	Detalle	Páginas
N° 1	Distribución de la demanda de agua para usos consuntivos .....	1
N° 2	Proyección de la demanda de agua para usos consuntivos .....	2
N° 3	Producción de agua potable según tipo de fuentes .....	2
N° 4	Distribución porcentual de la población en la provincia de Talagante .....	53
N° 5	Dinámica del crecimiento poblacional en la provincia de Talagante .....	54
N° 6	Precipitación media mensual estación Fundo Marruecos .....	56
N° 7	Precipitación media mensual estación El Vergel .....	56
N° 8	Caudales medios mensuales estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú .....	67
N° 9	Caudales medios mensuales estación Río Maipo en Naltagua .....	68
N° 10	Niveles estáticos en pozos del sector norte del área de estudio .....	78
N° 11	Niveles estáticos en pozos del sector oeste del área de estudio .....	79
N° 12	Niveles estáticos en pozos del sector sur del área de estudio .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Detalle	Páginas
N° 1	Localización del área de estudio .....	6
N° 2	Esquema conceptual para la evaluación del peligro de contaminación de aguas subterráneas .....	11
N° 3	Procesos que producen atenuación de contaminantes en los sistemas de aguas subterráneas .....	13
N° 4	Diagrama de la metodología aplicada .....	23
N° 5	Triángulo de texturas de suelos según DIN 4220 .....	26
N° 6	Diagrama del índice GOD .....	38
N° 7	Factor S en la evaluación del método GOD-S .....	38
N° 8	Determinación del peligro potencial de contaminación hacia las aguas subterráneas .....	43
N° 9	Perfil estratigráfico A – AA .....	73
N° 10	Perfil estratigráfico B – BB .....	73
N° 11	Perfil estratigráfico C – CC .....	73
N° 12	Perfil estratigráfico D – DD .....	74
N° 13	Perfil estratigráfico E – EE .....	74

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapas	Detalle	Páginas
N° 1	Área de estudio, provincia de Talagante .....	7
N° 2	Precipitación y evapotranspiración potencial en el área de estudio .....	57
N° 3	Geomorfología del área de estudio .....	59
N° 4	Geología del área de estudio .....	61
N° 5	Órdenes de los suelos en el área de estudio .....	63
N° 6	Textura de los suelos en el área de estudio .....	64
N° 7	Clases de suelo en el área de estudio .....	66
N° 8	Hidrografía del área de estudio .....	69



ÍNDICE DE MAPAS

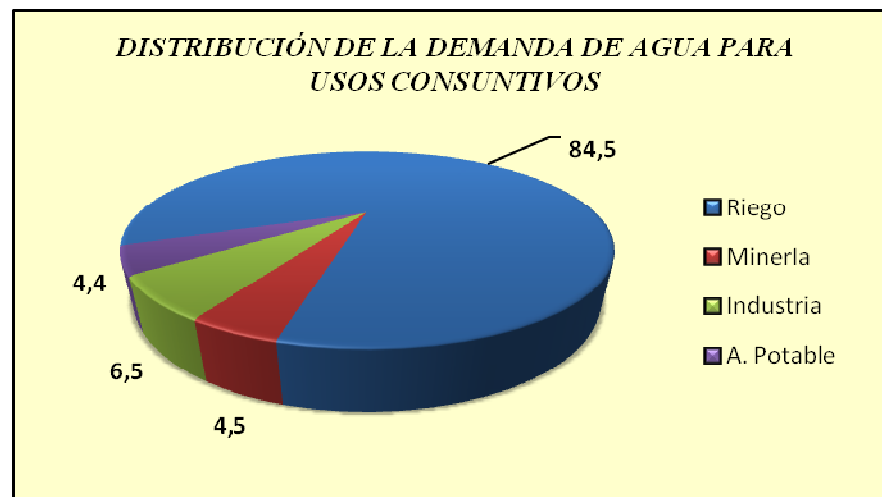
Mapas	Detalle	Páginas
N° 9	Uso de suelo en el área de estudio .....	71
N° 10	Trazado de perfiles estratigráficos en el área .....	75
N° 11	Profundidad del agua subterránea en el área de estudio .....	77
N° 12	Equipotenciales en el área de estudio .....	81
N° 13	Capacidad de campo efectiva de los suelos en el área de estudio .....	84
N° 14	Sectores de recarga del acuífero en el área de estudio .....	86
N° 15	Niveles estáticos de los pozos en el área de estudio .....	89
N° 16	Profundidad del agua asignada a los pozos utilizados en la evaluación de la vulnerabilidad según el método BGR .....	91
N° 17	Efectividad de protección del suelo, (puntaje P <sub>1</sub> ) y de la cubierta litológica (puntaje P <sub>2</sub> ) en el área de estudio .....	96
N° 18	Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio según el método BGR .....	99
N° 19	Condición del acuífero en el área de estudio según las categorías establecidas en el método GOD .....	102
N° 20	Estratigrafía en el área de estudio según las categorías establecidas en el método GOD .....	103
N° 21	Profundidad del agua subterránea en el área de estudio según rangos establecidos en el método GOD .....	104
N° 22	Vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en el área de estudio según el método GOD .....	106
N° 23	Determinación del factor S en la aplicación del método GOD-S en la provincia de Talagante .....	108
N° 24	Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio según el método GOD-S .....	110
N° 25	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a las estaciones de servicio en la provincia de Talagante .....	118
N° 26	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a los consumos propios en la provincia de Talagante .....	121
N° 27	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas generado por los VIRS en la provincia de Talagante .....	124
N° 28	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido al saneamiento <i>in situ</i> en la provincia de Talagante .....	129
N° 29	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a los recintos hospitalarios en la provincia de Talagante .....	132
N° 30	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a los cementerios en la provincia de Talagante .....	134
N° 31	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a las vías de transporte en la provincia de Talagante .....	136
N° 32	Peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas debido a la actividad industrial en la provincia de Talagante .....	141
N° 33	Tipos de cultivo en la provincia de Talagante .....	145
N° 34	Calidad del agua para el riego en la provincia de Talagante .....	146
N° 35	Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a la actividad agrícola en la provincia de Talagante .....	148
N° 36	Zonas de peligro potencial de contaminación para las aguas subterráneas en la provincia de Talagante .....	151

## I INTRODUCCIÓN

El agua, es un recurso fundamental en el actual y futuro desarrollo de nuestro país. Esto queda demostrado en los altos volúmenes de agua que se consumen para el desarrollo de diversas actividades productivas, y para el consumo y satisfacción de las necesidades básicas de la población.

En Chile, se estima que el consumo de agua alcanza un volumen de caudal continuo del orden de los 2000 m<sup>3</sup>/s, siendo este valor uno de los más altos de América Latina. Según el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Dirección General de Aguas (DGA), considera que el 67,8% de este volumen es destinado a usos no consuntivos, y el 32.2% a usos consuntivos (MOP. DGA, 1999). Dentro de los usos consuntivos, el volumen se distribuye de la forma en que se demuestra en el siguiente gráfico: (ver el gráfico n° 1).

Gráfico n° 1

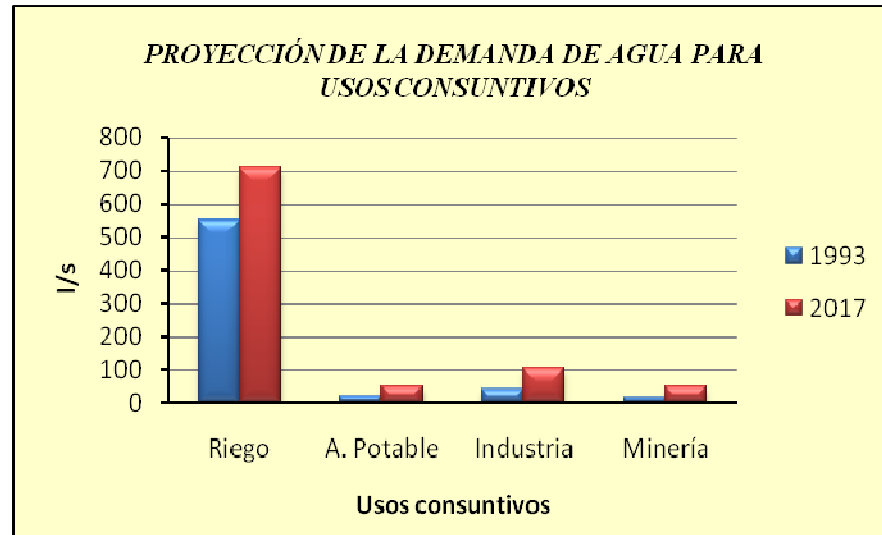


Fuente: MOP. DGA. 1999. Política nacional de recursos hídricos.

Sin embargo, de acuerdo a las proyecciones realizadas por la DGA, el volumen de agua requerido para usos consuntivos se duplicara en el futuro. Este aumento en la demanda de agua se deberá principalmente al aumento de la población, a los nuevos hábitos de consumo en las grandes ciudades y a los nuevos esquemas productivos (ver el gráfico n° 2).

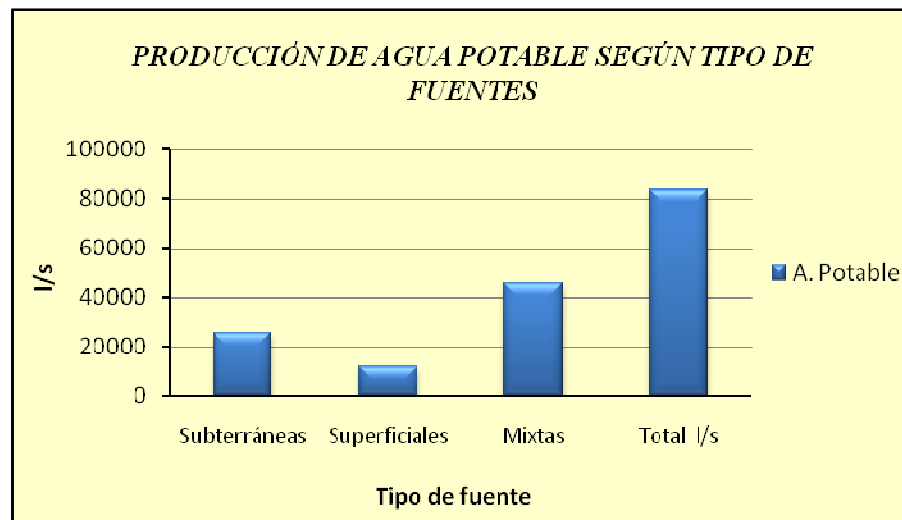
De esta manera para satisfacer esta demanda, una parte importante de los volúmenes requeridos se obtienen actualmente, y se obtendrán en el futuro a través de fuentes de aguas subterráneas. La utilización de este recurso es variable para cada una de las regiones del país, sin embargo, de acuerdo a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), en el abastecimiento de agua potable el 65% de las empresas sanitarias se abastecen exclusivamente de estas fuentes produciendo un volumen de agua cercano a los 30000 l/s, el 22% lo hace a través de fuentes superficiales y el 13% se abastece de fuentes mixtas, es decir, de fuentes superficiales y subterráneas (ver el gráfico n° 3).

Gráfico n° 2



Fuente: MOP. DGA. 1999. Política nacional de recursos hídricos.

Gráfico n° 3



Fuente: SISS. 2007. Informe de gestión del sector sanitario 2007.

Dada la importancia que tienen las aguas subterráneas en la satisfacción de las diversas demandas, el Estado en el marco de una política que busca la utilización eficiente y sustentable de los recursos hídricos, ha tenido que enfrentar los problemas que afectan a estos recursos. Desde un punto de vista ambiental, los principales problemas que los afectan corresponden a la disminución de los niveles estáticos en algunas zonas producto de la explotación del recurso, y la contaminación puntual y difusa generada por diversas actividades económicas.

Para hacer frente a estos problemas, se han elaborado estudios para determinar los volúmenes sustentables de explotación del recurso, y a través de la aplicación de la ley 19300 Bases Generales del Medio Ambiente, se han dictado normas de emisión para controlar la contaminación.

En este sentido, se debe destacar la norma n° 46 del año 2002 de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. Esta norma establece las concentraciones máximas permitidas de compuestos contaminantes en los residuos líquidos producidos por fuentes emisoras, y que son descargados a través del suelo hacia las zonas saturadas de los acuíferos. Las concentraciones máximas permitidas de compuestos contaminantes se establecen en base a la vulnerabilidad del acuífero en el lugar en donde se realiza la emisión. Debido a esto, esta norma indica la metodología que se debe utilizar para evaluar la vulnerabilidad del acuífero.

De esta manera, la zonificación de áreas vulnerables y las evaluaciones de riesgo de contaminación de las aguas subterráneas se han transformado en herramientas importantes para la gestión y conservación de dichos recursos, esto se hace evidente no tan sólo en la dictación de la norma n° 46, sino que también en los diversos estudios relacionados con este tema que se han realizado en nuestro país.

Algunos de estos estudios tratan sobre recursos hídricos en general y otros específicamente sobre aguas subterráneas, también existen trabajos en donde se han incorporado a estos recursos dentro de un contexto más amplio relacionado con el ordenamiento territorial. Algunos de los trabajos más importantes en este sentido realizados en diferentes zonas del país son los siguientes:

**a)** Comisión Nacional del Medio Ambiente (1999), realiza un análisis de la contaminación de las aguas subterráneas producida por aguas servidas en la Región Metropolitana. En este estudio se realizó una caracterización de las aguas desde el punto de vista del estado de la calidad, caracterización hidrogeoquímica, y se determina la magnitud y avance de la contaminación. Además dentro de este estudio, se evalúa la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas mediante la aplicación del método GOD (Groundwater hydraulic confinement, Overlaying strata, Depth to groundwater table).

**b)** Aguirre, I. *et al* (2000) desarrollaron un estudio hidrogeológico en el valle del río Copiapó en el segmento embalse Lautaro-Piedra Colgada en la Región de Atacama. en el marco del fortalecimiento institucional del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) en el área de medio ambiente y geología ambiental. En este estudio se caracterizaron las unidades geológicas del relleno sedimentario del valle y del basamento rocoso impermeable, también se realizaron estudios hidrogeoquímicos e isotópicos. Además, dentro de este trabajo se realizó una evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, para lo cual se utilizó la metodología desarrollada por el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales en conjunto con los Servicios Geológicos Federales de Alemania denominada como BGR.

**c)** Antinao, J. L. *et al* (2000), desarrollaron un estudio geoambiental del área de Puerto Montt-Frutillar en la décima Región de Los Lagos. En este estudio se construyeron mapas temáticos con diversa información geológica, entre ellos, un mapa de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de aguas subterráneas, para que dicha información fuera utilizada en las propuestas de ordenamiento territorial.

- d)** Fernández, J. C. (2001), desarrollo un estudio geológico ambiental para el ordenamiento territorial en el área de Tiltill-Santiago. En él se caracterizó el área de estudio desde un punto de vista geológico y geomorfológico mediante fotointerpretación y análisis de terreno. Además, se construyeron mapas temáticos de riesgo de diversos fenómenos naturales, y un mapa de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas utilizando el método GOD.
- e)** Arce, S. (2001), evaluó el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el área de la Región Metropolitana de Santiago. Para realizar este trabajo determino la vulnerabilidad del acuífero mediante el método GOD, y localizó las actividades que potencialmente pueden contaminar las aguas subterráneas. Para la determinación de las áreas de riesgo, se considero en este estudio las zonas de recarga de los pozos utilizados para la extracción de agua potable.
- f)** Toro, P. (2003), desarrolla el trabajo denominado Evaluación del riesgo de contaminación de la parte norte del acuífero de Santiago. En este trabajo se realiza una caracterización de la geología e hidrogeología de la zona ubicada al norte del río Mapocho entre los cerros de Renca y el cordón del San Cristóbal. Además en este trabajo, se realiza una evaluación del riesgo de contaminación del acuífero en donde la vulnerabilidad se determino a través del método GOD.
- g)** Ramírez, J. (2004), realiza un análisis, y una comparación de diversos métodos para la determinación de la vulnerabilidad de acuíferos. Para esto determino los niveles de vulnerabilidad del acuífero de la zona norte de Santiago, a través de distintos métodos realizando una comparación de los resultados obtenidos.
- h)** Iriarte & Aguirre (2004), determinan los niveles de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en la Región del Biobío. Esto se realizó a través de la aplicación del método BGR, en un estudio de carácter más amplio que tenía como objetivo la incorporación de variables ambientales en los instrumentos de ordenamiento territorial.
- i)** Muñoz, R. (2004), determina el peligro de contaminación de acuíferos y los perímetros de protección para pozos en el valle del río Cachapoal. Para esto utilizó los criterios establecidos en el método POSH (Pollutant Origin, Surcharge Hydraulically) para la determinación de los niveles de peligro, y realiza un análisis de las diferentes propuestas para el establecimiento de los perímetros de protección de pozos, recomendando la más apropiada para el área de estudio.
- j)** Espinoza, C. (2005), determina los niveles de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos en la Región de Coquimbo. Para esto aplico los métodos GOD y BGR realizando un análisis de los resultados obtenidos a través de ambos métodos, dentro de un estudio más amplio relacionado con el ordenamiento territorial en la región.
- k)** Vega, N. (2005), realiza una descripción de la geología de la zona de Melipilla, y además, evalúa la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero en la zona. Para esto aplica los métodos GOD y BGR realizando una comparación de los resultados.

I) Espinoza *et al* (2006), determinan la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos del segmento central de la cuenca del río Maule y de la cuenca del río Limarí. Esto se realizó a través de los métodos GOD y BGR, con el objeto de comparar los resultados obtenidos mediante ambos métodos aplicados en zonas climáticas diferentes.

Como se puede observar, la temática relacionada con la zonificación de áreas vulnerables y la determinación de zonas de peligro o riesgo de contaminación para las aguas subterráneas, ha sido de interés en los últimos años, y la información generada ha sido utilizada para diversas finalidades. Sin embargo, en la realización de estos trabajos no se observa una unificación de criterios para establecer los niveles de peligro, y además, en algunos casos se observan diferencias en los resultados obtenidos tras la aplicación de los métodos para determinar los niveles de vulnerabilidad, incluso en zonas en donde se ha aplicado el mismo método. Esto se explica porque han sido trabajos realizados con distintos criterios y a diferentes escalas de análisis, y en algunos casos por diversas modificaciones que se han realizado en la aplicación de los métodos para la determinación de la vulnerabilidad.

Es en este contexto en el cual se desarrolla el presente trabajo, en donde se realiza una evaluación del peligro potencial de contaminación para las aguas subterráneas en la provincia de Talagante en la Región Metropolitana de Santiago. En esta provincia las aguas subterráneas son utilizadas principalmente para el consumo como agua potable, y para el riego, sin embargo, las características hidrogeológicas que se dan en esta provincia, hacen que las aguas subterráneas sean altamente vulnerables a la contaminación. Esta situación se agrava considerando que en ella se ubican y funcionan diversas actividades económicas que por su naturaleza pueden producir cargas contaminantes que pueden afectar a estos recursos.

De esta manera, la evaluación del peligro se realiza determinando la vulnerabilidad de las aguas y los niveles de generación de carga contaminante de forma independiente entre sí, para finalmente relacionar ambos factores y determinar las áreas de peligro y la magnitud del peligro existente. Así con el objeto de poseer una mayor comprensión de los métodos para determinar la vulnerabilidad de las aguas subterráneas, en el presente trabajo se han aplicado dos métodos distintos los cuales son: el método GOD ampliamente difundido en diversos trabajos realizados en el país, y el método BGR propuesto en la norma n° 46 citada anteriormente. De esta manera se analiza la forma en que ambos métodos se aplican, y los resultados que ambos métodos ofrecen.

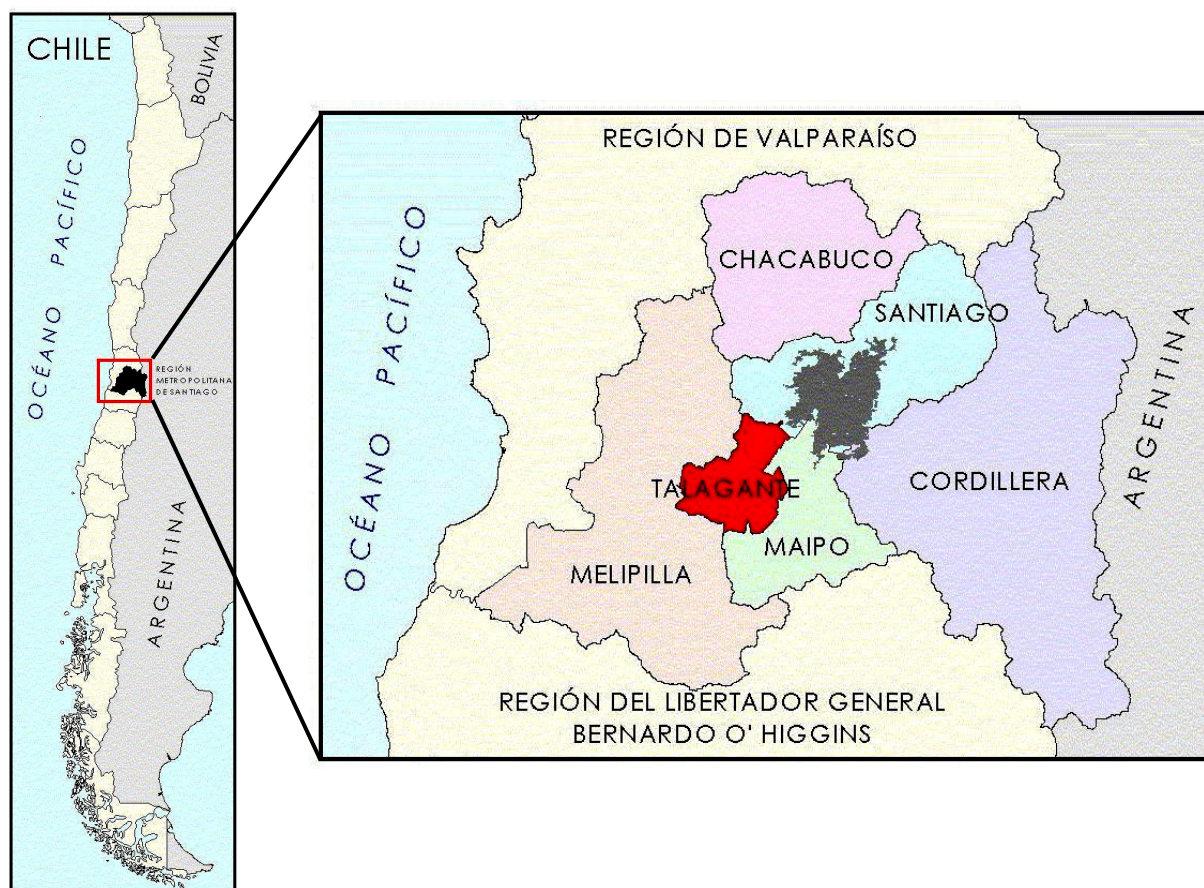
Además, en la determinación de los niveles de generación de carga contaminante para cada una de las actividades económicas consideradas, se han aplicado los criterios propuestos en el método POSH. De esta manera, se espera que este trabajo sirva como apoyo, y para resolver dudas metodológicas que se pudieran originar en trabajos similares susceptibles de realizarse en el futuro, así como también se espera que los resultados obtenidos sean útiles para el ordenamiento territorial en el área de estudio, y para la gestión y conservación de las aguas subterráneas.

## II ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo, se desarrolla en el área correspondiente a la provincia de Talagante. Esta provincia se encuentra ubicada en la Región Metropolitana de Santiago, entre los paralelos 33° 29' y 33° 46' de latitud sur, y los meridianos 71° 08' y 70° 45' de longitud oeste.

La provincia de Talagante, limita al norte con la provincia de Santiago, al este y sureste con la provincia del Maipo, y al oeste y suroeste con la provincia de Melipilla y cuenta con una superficie de 581 km<sup>2</sup> (ver la figura n° 1).

**Figura n° 1**  
**Localización del área de estudio**



La provincia de Talagante se encuentra constituida por cinco comunas. Estas comunas corresponden a la comuna de Padre Hurtado, comuna de Peñaflores, comuna de Isla de Maipo y la comuna de Talagante cuya ciudad corresponde a la capital provincial (ver el mapa n° 1).

MAPA N° 1  
ÁREA DE ESTUDIO



### **III PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **III.1 Problema**

En la Región Metropolitana de Santiago, existe una fuerte presión sobre los recursos naturales, debido a que en ella se concentra el mayor número de habitantes del país, el mayor número de industrias, y además, una parte importante de su superficie es utilizada en actividades agrícolas.

Uno de los recursos más afectados por esta situación es el agua, en donde la demanda de este recurso supera ampliamente su disponibilidad, situación que es resuelta a través de su reutilización. De esta manera, la demanda de agua disponible para usos consuntivos en la Región Metropolitana se distribuye de la siguiente manera: un 75% del agua es utilizada para el riego, un 10% es utilizada como agua potable, un 7% para actividades industriales y 3% para actividades mineras (MOP, DGA. 1999).

Para satisfacer esta demanda, una parte importante del agua necesaria es extraída desde fuentes de agua subterránea. Sin embargo, en esta región, uno de los principales problemas que afectan a estos recursos es la contaminación puntual y difusa que producen ciertas actividades económicas.

Una de las zonas de la Región Metropolitana en la cual se presenta este problema es la provincia de Talagante. En esta provincia, las aguas subterráneas son muy importantes lo cual se refleja en los casi trescientos pozos construidos para la extracción de agua, la cual es utilizada principalmente para el riego y para el consumo como agua potable.

Sin embargo las características hidrogeológicas que se presentan en esta zona, tales como: el tipo de acuífero, las características de los materiales que constituyen el acuífero, la profundidad de las aguas y los volúmenes de recarga, hacen que este recurso sea altamente vulnerable a la contaminación.

Además, en esta provincia se localizan actividades tales como: industrias generadoras de residuos líquidos, vertederos ilegales de residuos sólidos, venta y almacenamiento de combustibles, saneamiento de desechos sin sistemas de alcantarillado y actividades agrícolas. Esta situación ha producido que en la provincia de Talagante existan zonas con peligro de contaminación hacia las aguas subterráneas por la localización de actividades potencialmente contaminantes en áreas vulnerables a dicha contaminación.

De esta manera, el presente trabajo pretende determinar y mapear las áreas en donde existe peligro de contaminación para las aguas subterráneas en la provincia, así como también, evaluar la magnitud del peligro existente.

### **III.2 Hipótesis de trabajo**

- Las características del acuífero en la provincia de Talagante, tales como: tipo de acuífero, características de los materiales que constituyen el acuífero, profundidad de las aguas y volúmenes de recarga, determinan que en ella existan zonas altamente vulnerables a la contaminación.
- Los métodos paramétricos o cualitativos para la determinación de la vulnerabilidad, ponderan y evalúan factores que constituyen las características del acuífero en una zona determinada. Por lo tanto aquellos métodos que evalúan y ponderan factores distintos, o lo hacen de manera distinta, al ser aplicados en una zona determinada sus resultados no serán iguales.
- En la provincia de Talagante existen zonas en las cuales hay peligro de contaminación del acuífero, por la localización de actividades generadoras de cargas contaminantes en zonas de alta vulnerabilidad a dicha contaminación.

### **III.3 Objetivo general y específicos**

#### **III.3.1 *Objetivo general***

- Determinar y mapear a escala 1:200000, las zonas en las cuales existe peligro de contaminación de las aguas subterráneas, y la magnitud del peligro existente en la provincia de Talagante.

#### **III.3.2 *Objetivos específicos***

- Describir y mapear a escala 1:200000 las principales características de la población, y del medio físico del área de estudio.
- Evaluar y mapear a escala 1:200000 la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio, mediante la aplicación de métodos paramétricos o cualitativos.
- Comparar el método BGR propuesto en la norma n° 46 del año 2002 de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas para la evaluación de la vulnerabilidad, con el método GOD.
- Localizar y mapear a escala 1:200000, las actividades y usos de suelo que pueden contaminar las aguas subterráneas en el área de estudio.

### **III.4 Resultados esperados**

- Se espera obtener como resultado los siguientes productos:
  - Descripción y cartografías a escala 1:200000 de las principales características físicas del área de estudio.
  - Cartografías a escala 1:200000 de los niveles de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas mediante la aplicación de los métodos GOD y BGR en el área de estudio.
  - Cartografías a escala 1:200000 de los niveles de peligro potencial de contaminación de las aguas subterráneas, generado por las actividades económicas potencialmente contaminantes ubicadas en el área de estudio.
- Se espera que los resultados obtenidos permitan realizar un análisis comparativo de los métodos para la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas, con el objeto de poseer una mejor comprensión de ellos.
- Se espera que el presente trabajo, sirva para despejar dudas metodológicas que se puedan generar en trabajos similares, susceptibles de ser realizados en el futuro en otras zonas del país, o de la región.
- Se espera que los resultados obtenidos en este trabajo, sirvan como herramientas para el ordenamiento territorial, y para la gestión y protección de las aguas subterráneas en el área de estudio.

## IV MARCO TEÓRICO

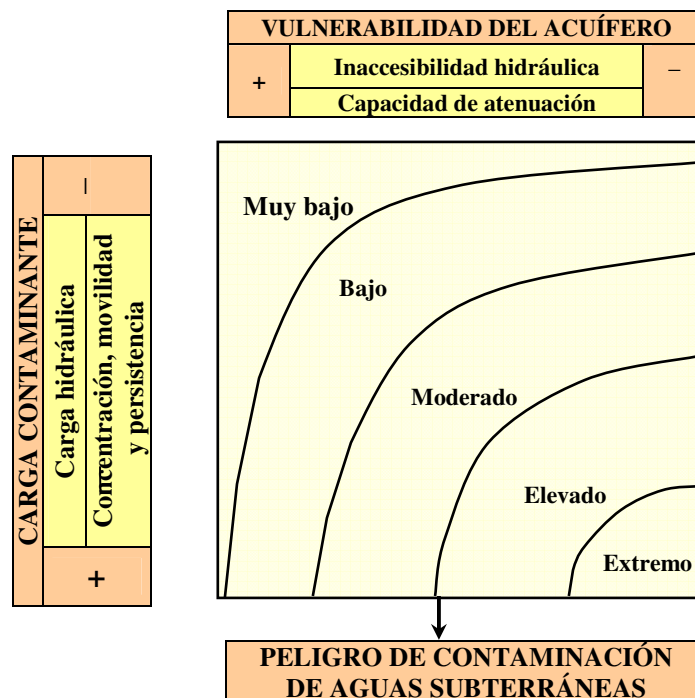
### IV.1 El peligro de contaminación de aguas subterráneas

El peligro de contaminación de aguas subterráneas, posee el mismo significado que el término riesgo utilizado por Foster *et al* (1987). El cambio de terminología realizado en publicaciones más recientes, se debió a la necesidad de adaptar el concepto de riesgo con lo que actualmente se comprende con el mismo término en otras disciplinas, en donde el riesgo es el resultado del peligro adaptado a la escala del impacto a la salud humana, animal, o a los ecosistemas Foster *et al* (2002).

De esta manera el término peligro aplicado a la contaminación de aguas subterráneas, no considera los impactos potenciales a la salud humana o a los ecosistemas acuáticos que dependen del acuífero, y puede definirse como la probabilidad que un acuífero experimente impactos negativos a partir de una actividad antrópica, hasta un nivel en que su agua subterránea se torne inaceptable para el consumo humano, de acuerdo a los valores guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua potable Foster *et al* (2002).

El peligro de contaminación de las aguas subterráneas en cualquier área se determina considerando la interacción entre dos variables, las cuales son independientes entre sí, como se demuestra en la siguiente figura (ver la figura n° 2).

**Figura n° 2**  
**Esquema conceptual para la evaluación del peligro de contaminación de aguas subterráneas**



Fuente: Foster, S *et al*. 1987. Contaminación de las aguas subterráneas, un enfoque ejecutivo en relación con el suministro de agua potable.

## IV.2 Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos

En el presente trabajo la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación se definirá según Foster *et al* (1987) y Foster & Hirata (1991). Según estos autores la vulnerabilidad estaría dada por las características intrínsecas de un acuífero, que lo hacen más o menos sensible a ser adversamente afectado por una carga contaminante. La vulnerabilidad de un acuífero no es una propiedad absoluta y tampoco es mensurable, por tales motivos no tiene dimensión.

De esta manera, la vulnerabilidad de un acuífero esta en función de los siguientes factores:

- La inaccesibilidad de la zona saturada en un sentido hidráulico a la penetración de contaminantes, y
- La capacidad de atenuación de los estratos ubicados encima de la zona saturada del acuífero, como resultado de su retención física y reacción química con los contaminantes.

Los componentes de la vulnerabilidad del acuífero interactúan con los componentes de la carga contaminante, los cuales serían los siguientes:

- El modo de disposición del contaminante en el subsuelo, y en particular la magnitud de cualquier carga hidráulica asociada y
- La clase del contaminante en términos de su movilidad y persistencia.

Según estos autores, científicamente es más coherente evaluar la vulnerabilidad a cada contaminante, o actividades contaminantes en forma individual. En relación a esto, Vrba & Zaporozec (1994) establecen tres formas de evaluación de acuerdo a la especificidad de la carga contaminante, estas formas de evaluación serian las siguientes:

- **Vulnerabilidad intrínseca:** Esta forma de evaluación refleja las propiedades que están en función de las condiciones naturales del acuífero, y no considera atributos ni comportamientos de los contaminantes particulares.
- **Vulnerabilidad específica:** Esta forma de evaluación se hace en relación a un solo tipo de contaminante, o a un grupo de contaminantes de propiedades similares.
- **Vulnerabilidad específica con objetivos múltiples:** Esta forma de evaluación se realiza en relación a dos, o más tipos o grupos de contaminantes.

Al realizarse una evaluación de la vulnerabilidad en una zona determinada, se debe tener presente ciertos principios que encierra este concepto. Tenerlos presentes ayudaran a dar una correcta interpretación de los resultados. De acuerdo a Carbonell *et al* (1993) citado en Custodio (1995) señala algunos de estos principios indicando lo siguiente:

- Toda agua subterránea es vulnerable.
- Toda evaluación de la vulnerabilidad es inherentemente incierta.

- Lo que es obvio puede quedar enmascarado, y lo que es sutil resulta indistinguible.

Además, Foster & Hirata (1988) citado en Custodio (1995) agregan lo siguiente:

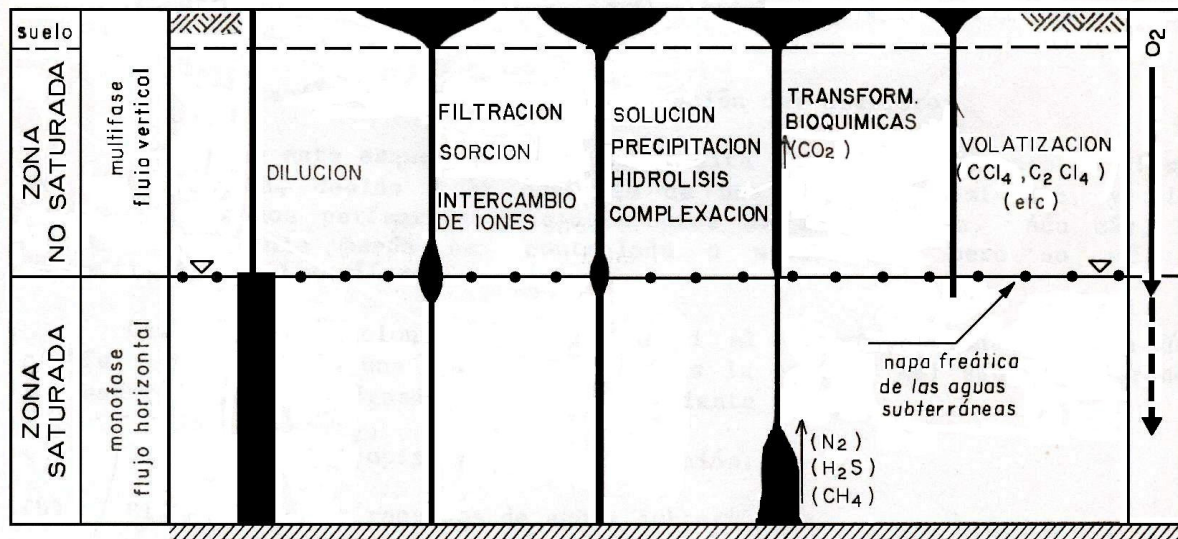
- La vulnerabilidad general a un contaminante universal en un escenario típico de polución es un concepto vacío.
- Todos los acuíferos son vulnerables a largo plazo a contaminantes persistentes y móviles.
- Los acuíferos menos vulnerables no son fácilmente contaminados, pero una vez que lo están son mucho más difíciles de restaurar.

#### IV.2.1 Importancia del suelo y la zona no saturada en la atenuación de contaminantes

De acuerdo a Foster & Hirata (1991), el suelo cumple una función muy importante en el proceso de atenuación de contaminantes. Esta característica de los suelos se debe a que en esta capa se encuentra contenida una mayor cantidad de arcillas y materia orgánica, y además cuenta con una población bacteriana considerable.

Estas características de los suelos favorecen el desarrollo de procesos tales como: la retardación a través de la filtración, sorción e intercambio iónico, y la eliminación de ciertos contaminantes debido a la precipitación, hidrólisis y transformaciones bioquímicas. Si bien es cierto que estos procesos también se dan en capas más profundas, estos se realizan con una menor intensidad (ver la figura n° 3).

**Figura n° 3**  
**Procesos que producen atenuación de contaminantes en los sistemas de aguas subterráneas**



(El grosor de la línea indica la importancia del proceso en el suelo, sobre, dentro y debajo del nivel freático)

Fuente: Foster *et al* 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

Según estos autores, la zona no saturada también cumple un papel fundamental en la atenuación de contaminantes, en ella el flujo de agua es normalmente lento y se restringe a los poros más pequeños. Además, la condición química en esta zona es normalmente aeróbica y frecuentemente alcalina.

Estas características, favorecen el desarrollo potencial de procesos tales como: la interceptación, sorción y eliminación de bacterias y virus, la atenuación de metales pesados y otros químicos inorgánicos a través de precipitación, y la sorción o biodegradación de hidrocarburos y compuestos orgánicos sintéticos.

Pese a lo anterior el flujo de agua en la zona no saturada por lo general resulta ser un proceso muy complejo, por lo que es difícil predecir la capacidad de atenuación de contaminantes en ella. Este grado de atenuación dependerá del tiempo de recorrido o residencia del contaminante en esta zona, sin embargo, en el caso de contaminantes persistentes y móviles, la zona no saturada simplemente causa un retardo en su llegada a la napa sin que cause ninguna atenuación beneficiosa.

#### **IV.2.2** *Procesos de atenuación y eliminación de contaminantes que se desarrollan en los acuíferos*

Como se ha mencionado en el apartado anterior, diversos procesos se desarrollan en el suelo y en la zona saturada y no saturada como una reacción del acuífero hacia ciertos contaminantes. De acuerdo a Custodio & Llanos (1996), los procesos más importantes que se desarrollan en el acuífero en contra de la contaminación son los siguientes:

- Acción de filtración mecánica.
- Adsorción y absorción por el terreno.
- Acciones de oxidación-reducción.
- Procesos bioquímicos.
- Procesos de precipitación y coprecipitación.
- Desintegración radioactiva.
- Intercambio de gases.
- Procesos de dilución.

#### **IV.2.3** *Métodos para la evaluación de la vulnerabilidad*

Existen diversos métodos para la evaluación de la vulnerabilidad, los cuales incluyen más o menos parámetros en sus aplicaciones, siendo algunos de estos parámetros características propias de los acuíferos, y otros características del ambiente en los cuales se insertan. En este sentido Vrba & Zaporozec (1994) hacen una distinción entre los parámetros principales y los parámetros secundarios en la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca. Los principales serían aquellos correspondientes a las características propias de los acuíferos y serían los siguientes:

- La recarga.
- El suelo.
- La zona no saturada y
- El acuífero.

Los parámetros secundarios serían aquellas características del medio en donde se encuentran insertos los acuíferos, tales como:

- La topografía.
- La naturaleza de la unidad geológica subyacente del acuífero.
- El contacto con las aguas superficiales, o aguas de mar.

Además, estos autores realizan una clasificación de los métodos que existen para la evaluación de la vulnerabilidad, según la forma en que se trabaja con los datos y se evalúan los parámetros. De esta manera, los métodos se clasifican de la siguiente forma:

- **Métodos paramétricos:** Estos métodos están elaborados para zonas en las que no se cuenta con información detallada de algunos aspectos específicos del acuífero. En ellos se manejan parámetros muy diversos los cuales son numéricos y otros descriptivos. La combinación directa de estos parámetros no es viable y es necesario asignar a cada uno de ellos un valor de acuerdo con una escala convencional, en general tanto más alto cuanto más contribuya el parámetro en cuestión a la vulnerabilidad del acuífero. Finalmente los diferentes valores se combinan en un índice que es la suma directa, o después de haber sido afectada de un cierto factor de ponderación que en general refleja su importancia en decidir cual es la vulnerabilidad.
- **Modelos de simulación y métodos estadísticos:** Estos métodos se basan en la aplicación de modelos matemáticos de transporte en medios no saturados, basándose en las ecuaciones de dispersión y advección y funciones de decaimiento de las sustancias contaminantes.

Estos métodos difieren principalmente, en la cantidad y especificidad de los datos necesarios en sus aplicaciones, lo cual hace que algunos de ellos sean más viables que otros dependiendo del objetivo de la evaluación.

De esta manera, los métodos paramétricos son utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca y específica. Estos métodos son relativamente fáciles de aplicar y se puede trabajar con ellos a escalas regionales. Sin embargo, es recomendable la participación de un grupo profesional diverso en sus aplicaciones, para la adecuada ponderación de los distintos parámetros utilizados.

Por su parte, los métodos de simulación y estadísticos son utilizados frecuentemente para la evaluación de la vulnerabilidad específica. Dada la complejidad y cantidad de datos que se requieren en sus aplicaciones, difícilmente pueden ser aplicados a escalas regionales, más bien están diseñados para ser aplicados localmente.

#### **IV.2.4** *Proceso de evaluación de la vulnerabilidad de las aguas subterráneas*

En la tarea de evaluar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación se pueden distinguir ciertas etapas, las que al seguirse adecuadamente, ayudarían a obtener resultados acordes con los objetivos propuestos. Según Vrba & Zaporozec (1994) estas etapas serían las siguientes:



- Definición del objetivo de la evaluación.
- Identificación y selección de la cantidad y calidad de los datos disponibles.
- Selección del método adecuado para la evaluación.
- Ejecución de la evaluación.
- Utilización de los resultados de la evaluación.

La primera etapa es muy importante porque condiciona las etapas siguientes, ya que al definirse el objetivo se define también el área que se pretende evaluar, y por lo tanto la escala de la evaluación. Esto clarifica de alguna manera el método más adecuado, y los datos que se requieren para su ejecución.

Sin embargo, en este proceso suelen cometerse errores que alteran de alguna manera los resultados y la interpretación de ellos, según Vrba & Zaporozec (1994) los errores más comunes que se suelen cometer tienen relación con los siguientes aspectos:

- Errores en el proceso de obtención de datos.
- Errores producto de la variabilidad natural y temporal de los datos.
- Errores en la digitalización y almacenamiento de los datos.
- Errores conceptuales y en la modelización.
- Errores en la visualización y salida de los datos.

#### **IV.2.5 Cartografía de la vulnerabilidad de acuíferos**

La forma más adecuada de representar los parámetros durante una evaluación de vulnerabilidad, y los resultados que se obtienen de tal evaluación, es a través de mapas. La escala del mapa condiciona su fiabilidad, ya que los datos requeridos se obtienen con distintos grados de precisión dependiendo de la extensión del área que se pretende evaluar.

De esta manera se debe considerar que cuando se trata de áreas extensas, muchas veces existen zonas en ella en donde no existe la información requerida, por lo que se suelen realizar hipótesis en donde se extrapolan datos disminuyendo la fiabilidad de ellos, y por consiguiente también la fiabilidad del mapa.

De acuerdo a Zavatti (1994) citado en Custodio (1995), un mapa de vulnerabilidad representa un escenario estático de los riesgos ambientales para la previsión y prevención de la degradación de la calidad del agua en un acuífero. Según este autor, con la utilización de un mapa de vulnerabilidad se pueden pretender la siguiente secuencia de objetivos:

- Proporcionar en un área determinada, una zonificación que indique la posibilidad de penetración y difusión de un contaminante en un acuífero.
- Correlacionar la información obtenida a través de la evaluación, con la presencia de fuentes puntuales o difusas de posible contaminación.
- Realizar una valoración del impacto que tendría sobre la calidad del agua subterránea, sucesos de tipos catastróficos o accidentales, con el objeto de prevenirlos y reducir tales efectos.

- Definir los objetivos de la prevención y de la protección, en una planificación del aprovechamiento y uso de los recursos de agua.
- Orientar la organización del control y seguimiento de la calidad del agua subterránea, y del medio ambiente relacionado.
- Orientar las decisiones de ordenación del territorio.
- Marcar prioridades en las aplicaciones presupuestarias y mejorar la educación en general.

Dado que un mapa de vulnerabilidad de aguas subterráneas es la representación gráfica de los resultados obtenidos en una evaluación, en donde se relacionaron y se ponderaron factores de distinta naturaleza y que apunta a un objetivo determinado, su utilización requiere de una adecuada interpretación. Por tales motivos Custodio (1995) enfatiza que al momento de hacer uso de un mapa de vulnerabilidad, se debe tener claro los siguientes aspectos:

- Los resultados que representa deben ser considerados como orientaciones.
- El significado de los resultados representados en el mapa, cambia con el polucionante o tipo de polucionante que se considere.
- Cualquier propuesta de decisión territorial debe ir acompañada de un dictamen de expertos.
- Cualquier autorización para la localización de actividades potencialmente polucionantes y sus restricciones, deben ser objeto de un estudio de detalle.
- Las decisiones tomadas con sólo el apoyo de las indicaciones del mapa, pueden llegar a diferir grandemente de la realidad a nivel local.
- Que menor vulnerabilidad no quiere decir menor necesidad de protección, y a lo más, sólo quiere decir menor prioridad en las acciones de protección.

### **IV.3 Contaminación de aguas subterráneas**

En la actualidad el concepto de contaminación no tiene una definición aceptada universalmente, Custodio & Llanos (1996) entregan una sugerencia de definición, y hacen una diferenciación entre lo que es la polución y lo que es la contaminación.

De esta manera, la polución del agua sería cuando la composición o el estado de un curso de agua son directa o indirectamente modificados por la actividad del hombre, en una medida tal que su utilización se ve restringida para todos, o para algunos de aquellos usos para los que podría servir en su estado natural.

A diferencia de lo anterior, el concepto de contaminación del agua apunta a su calidad bacteriológica denominándose contaminada, y también cuando su alteración es tal que no puede ser utilizada para la bebida, porque afectara la salud del hombre.

#### IV.3.1 Formas de contaminación de las aguas subterráneas

Las fuentes de contaminación de aguas subterráneas son diversas, y se diferencian según el tipo de contaminante y la forma en que emiten dicha contaminación, de esta manera, Foster *et al* (2002) hacen la diferencia entre fuentes que generan contaminación difusa, y fuentes que generan contaminación puntual, las cuales poseen las siguientes características:

- **Fuentes de contaminación difusas:** Son aquellas fuentes que no generan una pluma de contaminación claramente definida y que impactan extensamente al acuífero, entre estas fuentes se encuentran las actividades agrícolas y el saneamiento *in situ*.
- **Fuentes de contaminación puntual:** Son aquellas fuentes que al emitir un contaminante al acuífero forman una clara pluma de contaminación en él. Estas fuentes cuando se concentran en un área relativamente reducida en extensión, pueden actuar como fuentes difusas, algunos ejemplos de esto son: los residuos industriales, los vertederos, los estanques de almacenamientos de combustible.

Además de esta clasificación, Custodio & Llanos (1996) hacen la distinción entre las actividades que generan una contaminación directa hacia el acuífero, y las que lo hacen indirectamente teniendo cada una de estas formas las siguientes características:

- **Contaminación directa del acuífero:** Este tipo de contaminación se caracteriza por no haber dilución, puesto que se introducen las sustancias contaminantes directamente en el acuífero. Esta situación se da cuando se vierten las sustancias a un pozo de inyección y a pozos negros.
- **Contaminación indirecta del acuífero:** Este tipo de contaminación se caracteriza por presentar dilución, y se produce cuando las sustancias contaminantes ingresan al acuífero a través de la recarga natural, o por entradas de aguas contaminadas debido a la alteración de las condiciones hidrodinámicas preexistentes, tales como las producidas por los bombeos o los drenajes.

#### IV.3.2 Principales contaminantes de las aguas subterráneas

Las sustancias que alteran la constitución de las aguas subterráneas son diversas, Custodio & Llanos (1996) proponen una clasificación indicando cuales son los principales contaminantes. Tal clasificación es la siguiente:

- Contaminantes minerales.
- Contaminantes minerales metálicos y de elementos menores.
- Contaminantes radioactivos.
- Contaminantes por derivados del petróleo.
- Contaminación por detergentes.
- Contaminación por compuestos nitrogenados.
- Contaminación por pesticidas.
- Contaminación por compuestos orgánicos.
- Contaminantes biológicos.

### IV.3.3 Actividades potencialmente contaminantes de las aguas subterráneas

Las actividades que pueden generar contaminación en las aguas subterráneas son diversas, los autores Foster *et al* (1991) realizaron una clasificación de estas actividades, y establecieron que aquellas que generan peligro de contaminación en los países en vías de desarrollo, son comparables a las actividades que lo generan en países desarrollados. Pero las actividades que presentan una seria amenaza en las naciones en desarrollo difieren significativamente, tanto individual como colectivamente de aquellas que lo hacen en países desarrollados (ver la tabla n° 1).

Estos autores hacen notar que es muy importante identificar aquellas actividades que generan una contaminación difusa y las que generan contaminación de tipo puntual. Esto es por la importancia que tiene su reconocimiento al momento de considerar las medidas de control.

**Tabla n° 1**

<b>PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE GENERAN UNA POTENCIAL CARGA CONTAMINANTE AL SUBSUELO</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Característica de la carga contaminante</b>			
	<b>Categoría de distribución</b>	<b>Princ. tipos de contaminantes</b>	<b>Sobrecarga hid. relativa</b>	<b>Descarga bajo el nivel del suelo</b>
<b>Urbanización</b>				
Saneamiento sin alcantarillado	u/r P-D	n f o	+	*
Fugas de alcantarillado (a)	u P-L	o f n	+	*
Laguna de oxidación de aguas servidas sin revestimientos (a)	u/r P	o f n	++	*
Desc. de aguas servidas sobre el terreno (a)	u/r P-D	n s o f	+	
Descarga de aguas servidas a ríos (a)	u/r P-L	n o f	++	*
Lixiviación de rellenos sanitarios o botaderos de basura (a)	u/r P	o s m		*
Tanques de combustibles	u/r P-D	o		*
Drenaje de carreteras	u/r P-D	s o	+	*
<b>Actividad industrial</b>				
Fugas de tanques y tuberías (b)	u P-D	o m		*
Derramamientos de productos químicos	u P-D	o m	+	
Lagunas de agua de procesamiento y efluentes sin revestimientos	u P	o m s	++	*
Descarga de efluentes sobre terreno	u P-D	o m s	+	
Descarga de efluentes a ríos	u P-L	o m s	++	*
Lixiviado de relleno de residuos sólidos	u/r P	o m s		*
Drenaje de patios	u/r P	o m	++	*
Deposición aéreas	u/r D	s o		

**Tabla n° 1 (continuación)**

<b>PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE GENERAN UNA POTENCIAL CARGA CONTAMINANTE AL SUBSUELO</b>				
<b>Actividad</b>	<b>Característica de la carga contaminante</b>			
	<b>Categoría de distribución</b>	<b>Princ. tipos de contaminantes</b>	<b>Sobrecarga hid. relativa</b>	<b>Descarga bajo el nivel del suelo</b>
<b>Prácticas agrícolas (c)</b>				
Cultivos				
- Con productos agroquímicos	r D	n o		
- y con irrigación	r D	n o s	+	
- y con estiércol, lodo, desperdicios	r D	n o s		
- y con irrigación de aguas residuales	r D	n o s f	+	
Cría de ganado y procesamiento de cosechas				
- laguna de efluentes sin revestimiento	r P	f o n	++	*
- descarga de efluentes sobre terreno	r P-D	n s o f		
- descarga de efluentes a ríos	r P-L	o n f	++	*
<b>Extracción mineral</b>				
Cambios de régimen hidráulico	r/u P-D	s m		*
Descarga de aguas de drenaje	r/u P-D	m s	++	*
Lagunas de agua de procesamiento o lodo sin revestimiento	r/u P	m s	+	*
Lixiviado de rellenos de residuos sólidos	r/u P	s m		*

Fuente: Foster *et al* 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

Las anotaciones en la tabla anterior, en la columna de actividades tienen los siguientes significados:

- (a) Significa que puede incluir componentes industriales.
- (b) Significa que también pueden ocurrir en áreas no industriales.
- (c) Significa que la intensificación de cultivos presenta mayores riesgos de contaminación.

Las anotaciones en la columna de categoría de distribución tienen los siguientes significados:

- u Significa urbano.
- r Significa rural.
- P Significa puntual.
- L Significa lineal.
- D Significa difusa.

Las anotaciones en la columna de tipos de contaminantes tienen el siguiente significado:

- n Significa nutrientes.
- f Significa patógenos fecales.
- o Significa compuestos microorgánicos sintéticos o también carga orgánica.
- s Significa salinidad.
- m Significa metales pesados.

Finalmente, la cantidad de símbolos (+) indican la intensidad de sobrecarga hidráulica relativa que generaría cada actividad, y la presencia del símbolo (\*) indica que la actividad suele producir descargas bajo el nivel del suelo.

## **V METODOLOGÍA Y PASOS METODOLÓGICOS**

### **V.1 Metodología**

Para dar cumplimiento al objetivo planteado en el presente trabajo, se ha entendido que el peligro de contaminación de las aguas subterráneas es el resultado de la convergencia de ciertas características de un acuífero en un área, y la presencia de actividades económicas en ella que por su naturaleza podrían producir algún tipo de residuo contaminante.

De esta manera, las áreas en donde existe peligro de contaminación de las aguas subterráneas en la provincia de Talagante, estarían en función de la interacción entre la vulnerabilidad a la contaminación de dichas aguas en la provincia, y la carga contaminante que se podría generar por la presencia y funcionamiento en ella, de diversas actividades económicas.

Para llegar a determinar los aspectos recién mencionados, se han definido niveles cualitativos de vulnerabilidad en función de las características hidrogeológicas del área de estudio tales como: el tipo de acuífero, las características de los materiales que lo constituyen, la recarga del acuífero, la profundidad de las aguas y las características del suelo. Esto, mediante la aplicación de métodos paramétricos o cualitativos que consideran estos aspectos.

Para la determinación de la carga contaminante, se ha realizado un catastro de actividades ubicadas en la provincia que por sus características podrían llegar a producir algún tipo de residuo, que en forma directa o indirecta podrían generar algún episodio de contaminación hacia las aguas subterráneas. De esta manera, se han definido niveles cualitativos de generación potencial de carga contaminante considerando el tipo de actividad, y ciertas características de ellas las cuales varían según la actividad de la cual se trate.

Así, la metodología que se adoptó, fue determinar ambos factores en forma independiente para posteriormente superponer los resultados obtenidos. A través de este proceso, se pudo conocer las áreas en donde existe peligro de contaminación, así como también la magnitud de este peligro.

Por tales motivos, se realizó una descripción y mapeamiento de las características del área de estudio, con lo cual se logró obtener los datos necesarios para la posterior aplicación de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad del acuífero, además, esto permitió adquirir una mayor comprensión del área de estudio, lo cual fue útil para la correcta interpretación de los resultados obtenidos tras la aplicación de aquellos métodos.

De esta manera, la determinación de la vulnerabilidad del acuífero, se realizó aplicando los métodos cualitativos conocidos como: el método GOD, y el método BGR. El método GOD ha sido ampliamente difundido a través de diversos estudios realizados en nuestro país, y el método BGR es el método propuesto en la norma n° 46 del año 2002 de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas.

La razón por la cual se aplicaron ambos métodos, fue para tener una mayor comprensión de la aplicación y de los resultados obtenidos mediante el método BGR propuesto en nuestra normativa ambiental, comparándolo con el método GOD el cual ha sido ampliamente difundido.

Para esto, ambos métodos fueron comparados en base a los resultados gráficos que otorgaron las correspondientes cartografías de vulnerabilidad, y los puntajes finales que obtuvieron los pozos utilizados en la evaluación. Además, se hace una comparación de la forma en la cual se realiza la valoración de los factores en el proceso de evaluación, y las alternativas de interpretación de los resultados que ofrece cada método.

La siguiente etapa consistió en la determinación de la carga contaminante, para lograr esto, gran parte de la determinación de la carga contaminante se realizó según los criterios establecidos en el método POSH. Este método sugiere una clasificación de fuentes potencialmente contaminantes según los siguientes criterios: el tipo de actividad, y la carga hidráulica asociada inferida por la cantidad de agua utilizada o disponible. Sin embargo, la aplicación de este método es flexible considerando las características del objetivo de estudio, y de la información disponible.

En el caso del presente trabajo, las modificaciones realizadas consisten en una variación en la forma de determinar la carga hidráulica. Esto último, debido a que en este trabajo la evaluación de la carga hidráulica se realizó estableciendo diferentes criterios para cada actividad, de acuerdo a la información que se pudo obtener acerca de cada una de ellas.

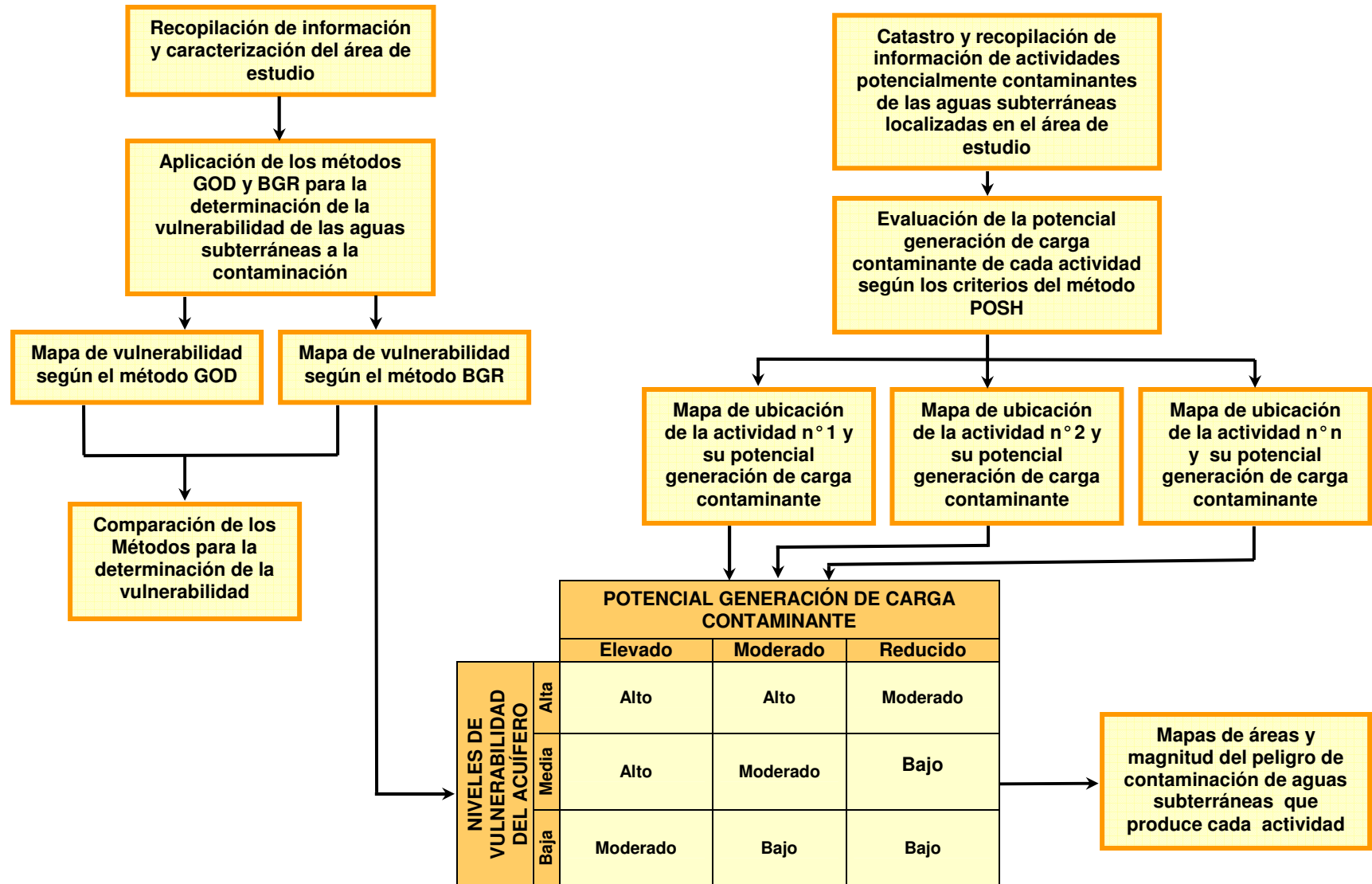
De esta manera, la aplicación del método POSH se hizo realizando un catastro de las actividades que se encuentran ubicadas en el área de estudio, y que de acuerdo a la naturaleza de su funcionamiento podrían contaminar las aguas subterráneas. La realización de este catastro y la determinación de la carga hidráulica asociada a cada actividad, se lograron mediante la información otorgada por las siguientes instituciones: el Gobierno Regional de la Región Metropolitana, el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) y Aguas Andinas S.A.

Con la información que aportó cada una de estas instituciones, se elaboraron mapas con la ubicación de las actividades potencialmente contaminantes en el área de estudio, con sus respectivas evaluaciones de las cargas contaminantes que estas podrían generar de acuerdo a los criterios establecidos en el método POSH.

Posteriormente, se procedió a determinar las áreas en donde existe peligro de contaminación. Esto se realizó superponiendo la información obtenida a través de los mapas de vulnerabilidad construidos con el método BGR, y la información obtenida a través de los mapas de cada fuente contaminante. De esta manera los resultados de esta superposición, representan las áreas en donde existe peligro de contaminación producto de la ubicación de actividades potencialmente contaminantes en áreas vulnerables del acuífero en la provincia.

La magnitud del peligro se estableció a través de la aplicación de una matriz, en la cual se utilizó como información de entrada los tres niveles cualitativos de vulnerabilidad que establece el método BGR, y los tres niveles cualitativos de potencial generación de carga contaminante que establece el método POSH. Los resultados de este proceso se representaron en mapas que muestran las áreas en donde existe peligro de contaminación y la magnitud del peligro. Estos mapas se han representado a escala 1:210000 para cada una de las fuentes potencialmente contaminantes (ver la figura n° 4).

Figura n° 4  
Diagrama de la metodología aplicada





## **V.2 Pasos metodológicos**

### **V.2.1 Caracterización del área de estudio**

Para poseer una comprensión general del área de estudio, y recopilar los datos necesarios para la aplicación de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, se realizó una descripción de las características del medio físico y de la población de la provincia.

De esta manera, se realizó una descripción y se elaboraron cartografías a escala 1:210000 de las características del clima, de la geología, de la geomorfología, de la hidrografía, de la vegetación, y de las características edafológicas e hidrogeológicas del área, además, se realizó una descripción general de las características de la población.

Esta caracterización se hizo utilizando la información extraída de estudios anteriormente realizados por instituciones gubernamentales como: la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la Comisión Nacional de Riego (CNR), el Instituto Geográfico Militar (IGM), el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), el Ministerio de Obras Públicas (MOP), el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y la Universidad de Chile.

### **V.2.2 Aplicación del método BGR para la determinación de la vulnerabilidad**

El método BGR ha sido desarrollado en Alemania por el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales en conjunto con los Servicios Geológicos de dicho país. Este método evalúa la efectividad de protección de un acuífero, combinando mediante un sistema de puntajes cuatro factores que intervienen en la velocidad de infiltración de una sustancia líquida.

Los factores considerados por el método y que intervienen en la velocidad de infiltración son: la capacidad de campo efectiva de los suelos, el monto de la recarga del acuífero, las características estratigráficas de la zona no saturada, el espesor de la zona no saturada y las condiciones de presión hidráulica del acuífero. Estos factores reciben un puntaje cuyo valor dependerá de las características que adopten en el área de estudio, los cuales se ponderan y se suman entre sí, entregando como resultado un puntaje final que se asocia a un nivel cualitativo de efectividad de protección del acuífero en dicha área.

Sin embargo, el método fue diseñado con el objeto de evaluar lo que sucede ante una infiltración producto de la recarga natural del acuífero, y por lo tanto, para su aplicación de acuerdo a los criterios establecidos en la norma n° 46 anteriormente citada, se le realizaron algunas modificaciones. Estas modificaciones consistieron en incorporar a los valores de la recarga natural, los valores de la recarga producida por actividades humanas, así, los resultados que se obtienen tras su aplicación son sólo una aproximación de lo que sucede en el acuífero ante una infiltración intencional de una sustancia líquida.

De esta manera, el puntaje final obtenido mediante este método se asocia a un nivel cualitativo de efectividad de protección del acuífero en un área, y para efectos de su aplicación según los criterios establecidos en la norma, este puntaje además, se asocia a un nivel cualitativo de vulnerabilidad.

De esta manera, para la aplicación de este método de acuerdo a lo establecido en la norma de infiltración, el Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través de la Dirección General de Aguas (DGA), en conjunto con el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), elaboraron un manual en donde se explica como se debe aplicar el método BGR incluyendo las modificaciones ya explicadas.

Considerando que en este trabajo se intenta determinar el peligro potencial de contaminación producido por diversas actividades económicas en la provincia de Talagante, la vulnerabilidad del acuífero en la zona se determinara a través del método BGR según lo estipulado en el manual elaborado para la aplicación de la norma de infiltración.

#### V.2.2.1 Determinación de la capacidad de campo efectiva (puntaje S)

Para aquellos casos en donde la emisión del contaminante se realiza sobre el suelo, el método BGR establece que se debe determinar la capacidad de campo efectiva (CCE) de dicho suelo. Esta corresponde a la capacidad de campo efectiva unitaria (CCEU) de un suelo, multiplicada por el espesor de suelo correspondiente. Por su parte la CCEU, corresponde a la diferencia entre el porcentaje de agua en el suelo que resiste a una succión de 1.8 pF, y el porcentaje de agua que resiste a una succión de 4.2 pF. La CCEU se expresa en mm/dm o en porcentaje que es equivalente.

De esta manera, el método BGR establece que se debe determinar la CCEU expresada en mm/dm para cada horizonte de suelo hasta un metro de profundidad, o hasta el nivel freático si éste se encuentra a menos de un metro bajo la superficie. Para aquellos casos en donde el suelo es somero, se determina la capacidad de campo del sustrato hasta la profundidad ya indicada, y su valor se incluye en el cálculo.

Posteriormente, el valor de la CCEU de cada horizonte de suelo, se multiplica por su correspondiente espesor expresado en dm. La CCE total del suelo se expresara en mm, y estará dada por la suma de los valores obtenidos en cada horizonte. Así, el método clasifica los valores de CCE total que se pueden obtener en seis rangos, estableciendo un puntaje para cada uno de ellos denominado como puntaje S (ver la tabla n° 2).

**Tabla n° 2**

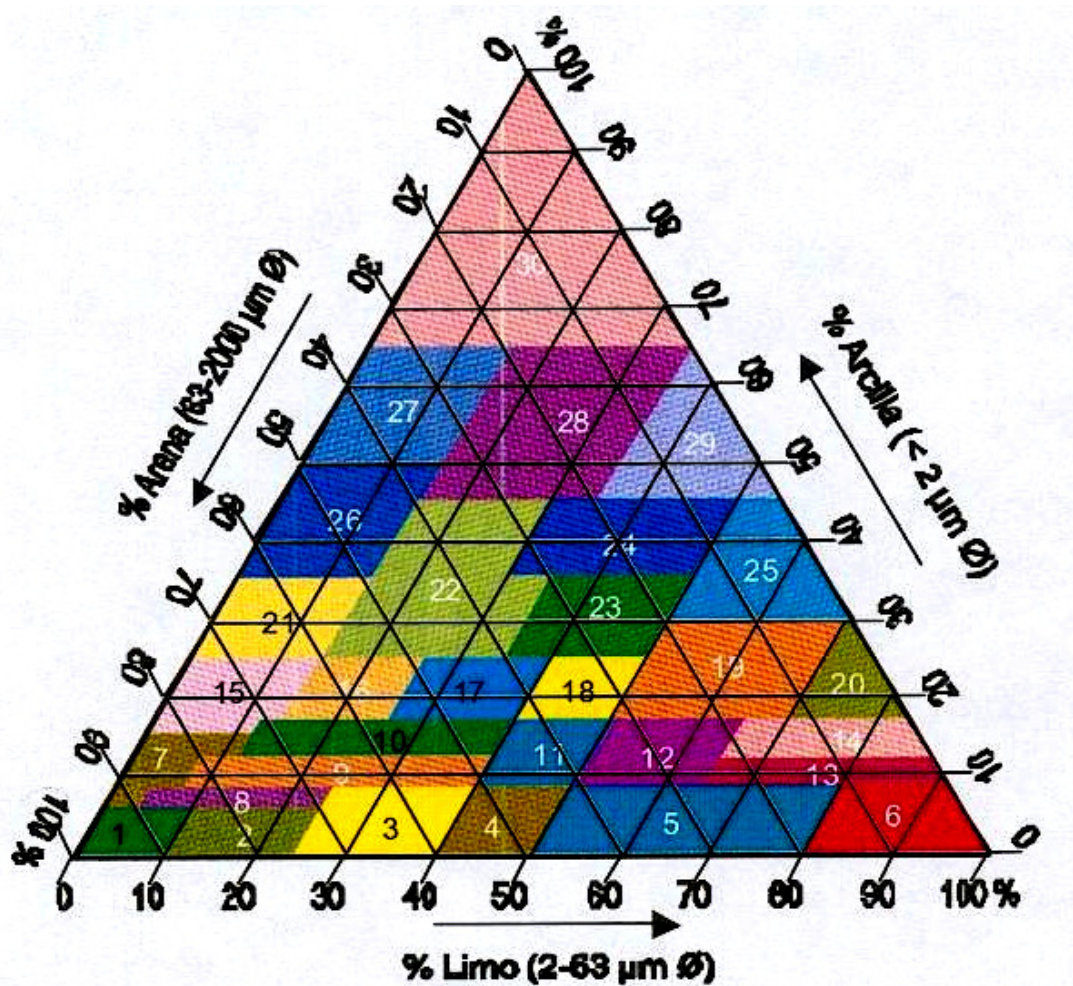
<b><i>EVALUACIÓN DE LOS SUELOS SOBRE LA BASE DE LA CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA (CCE)</i></b>	
<b>CCE total (mm)</b>	<b>Puntaje S</b>
≥ 250	750
200 - 249	500
140 - 199	250
90 - 139	125
50 - 89	50
≤ 49	10

Fuente: MOP. DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 de 2002.

De acuerdo a lo establecido en el manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad, la determinación de la capacidad de campo, se debe realizar a través de mediciones hechas en terreno y analizadas en laboratorios acreditados, o con la ayuda de las tablas estándar de mapeo de suelos de Ag. Bodenkunde 1982. Esta última forma de determinar la capacidad de campo esta explicada en el manual, y es la manera que se utilizó para determinarla en el presente trabajo.

De esta forma, el manual establece que para obtener la CCE, se debe determinar en primer lugar la CCEU de cada horizonte de suelo hasta un metro de profundidad. Para ello se debe utilizar la tabla n° 3, en la cual aparece un número en la primera columna. Este número se obtiene del triángulo de texturas correspondiente a la figura n° 5, y que requiere conocer con anterioridad los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en cada horizonte (ver la figura n° 5, y la tabla n° 3).

**Figura n° 5**  
**Triángulo de texturas de suelos según DIN 4220**



Fuente: MOP. DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 de 2002.

Tabla n° 3

<b>CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA UNITARIA SEGÚN EL TIPO DE SUELO Y LA DENSIDAD EFECTIVA DE DEPOSITACIÓN</b>					
N°	Descripción litológica del suelo	Símbolo	CCEU (mm/dm)		
			Dd <sub>1-2</sub>	Dd <sub>3</sub>	Dd <sub>4-5</sub>
1	Arena	A	12.0	10.5	9.0
2	Arena poco limosa Arena limosa	A, l A, l	17.5	16.0	13.0
3	Arena limosa Arena muy limosa	A, l A, l!	23.0	20.5	18.0
4	Arena y limo Limo y arena	A + L L + A	26.5	22.0	20.0
5	Limo con mucha arena Limo con arena	L, a' L, a	27.0	25.5	21.5
6	Limo con poca arena Limo	L, a' L	28.5	26.0	23.0
7	Arena con poca arcilla	A, ac'	18.5	14.0	13.5
8	Grava 1%, arena 71%, limo-arcilla 28%	A, l, ac'	19.0	17.5	16.0
9	Grava 1%, arena 71%, limo-arcilla 28% Grava 1%, arena 64%, limo-arcilla 35%	A, l, ac' A, l!, ac'	21.5	18.0	15.5
10	Arena 59%, limo-arcilla 41% Arena 55%, limo-arcilla 45% Arena y limo con arcilla	A, l, ac A, l!, ac A + L, ac	20.5	17.0	14.5
11	Limo y arena con poca arcilla Limo y arena con arcilla	A + L, ac' A + L, ac	27.5	21.0	17.0
12	Limo con mucha arena y poca arcilla Limo con mucha arena y arcilla Limo con arena y poca arcilla Limo con arena y arcilla	L, a!, ac' L, a!, ac L, a, ac' L, a, ac	26.0	22.0	19.5
13	Limo con arena y poca arcilla Limo con poca arena y poca arcilla Limo con poca arcilla	L, a, ac' L, a', ac' L, ac'	27.0	25.0	21.0
14	Limo con arcilla y poca arena Limo con arcilla	L, ac, a' L, ac	25.5	23.5	21.5
15	Arena con arcilla (arena arcillosa)	A, ac	19.5	15.5	12.0
16	Arena arcillosa poco limosa	A, ac, l'	21.0	16.0	12.5
17	Arena arcillosa limosa	A, ac, l	20.0	15.0	13.0
18	Arena y limo con arcilla	A + L, ac	25.0	22.0	18.0
19	Limo con mucha arena y arcilla Limo con arcilla y arena Limo con arcilla y poca arena Limo con mucha arcilla y mucha arena Limo con mucha arcilla y arena Limo con mucha arcilla y poca arena Limo con mucha arcilla	L, a!, ac L, ac, a L, ac, a' L, ac!, a! L, ac!, a L, ac!, a' L, ac!	21.0	17.0	14.5
20	Limo con mucha arcilla	L, ac!	22.0	20.5	18.0

**Tabla n° 3 (continuación)**

<b>CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA UNITARIA SEGÚN EL TIPO DE SUELO Y LA DENSIDAD EFECTIVA DE DEPOSITACIÓN</b>					
N°	Descripción litológica del suelo	Símbolo	CCEU (mm/dm)		
			Dd <sub>1-2</sub>	Dd <sub>3</sub>	Dd <sub>4-5</sub>
21	Arena muy arcillosa	A, ac!	17.5	15.5	12.0
22	Arena muy arcillosa poco limosa	A, ac!, l'	17.5	13.5	10.5
	Arena muy arcillosa limosa	A, ac!, l			
	Arena muy arcillosa muy limosa	A, ac!, l!			
	Arena y arcilla con limo	A + Ac, l			
	Arcilla y arena con limo	Ac + A, l			
23	Limo con mucha arcilla y arena	L, ac!, a	17.5	15.5	11.0
	Limo y arena con mucha arcilla	L + A, ac!			
24	Limo y arcilla con mucha arena	L + Ac, a!	17.5	14.0	10.0
	Limo y arcilla con arena	L + Ac, a			
	Limo y arcilla con poca arena	L + Ac, a'			
25	Limo y arcilla	L + Ac	20.0	19.0	18.0
	Limo y arcilla con poca arena	L + Ac, a'			
26	Arena y arcilla	A + Ac	18.5	15.5	11.5
27	Arcilla y arena	Ac + A	18.5	15.0	11.5
28	Arcilla con mucho limo y mucha arena	Ac, l!, a!	18.5	14.5	11.0
	Arcilla con limo y mucha arena	Ac, l, a!			
	Arcilla con limo y poca arena	Ac, l, a'			
29	Arcilla con mucho limo	Ac, l!	19.5	16.0	12.0
30	Arcilla plástica (arcilla pura)	Ac	18.0	16.0	11.0
	Arcilla (plástica) con poca arena	Ac, a'			
	Arcilla con poco limo	Ac, l'			
	Arcilla con poca arena y poco limo	Ac, a', l'			
	Arcilla con arena y poco limo	Ac, a, l'			
	Arcilla limosa con poca arena	Ac, l, a'			

Fuente: MOP. DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 de 2002.

Otro dato que se necesita para obtener la CCEU, es la densidad efectiva de depositación o también conocida como densidad aparente (Dd) de cada horizonte del suelo. Este valor varía entre 0.4 y 2 g/cm<sup>3</sup> y para efectos de esta metodología se clasifica en cinco rangos (ver la tabla n° 4).

Una vez obtenido el número del triángulo de texturas, se ingresa a la tabla n° 3 y de acuerdo a la densidad aparente de cada horizonte de suelo, se obtiene la capacidad de campo efectiva unitaria para cada uno de ellos. Este valor se debe multiplicar por la razón existente entre el peso de suelo fino en la muestra y el peso total de la muestra, y finalmente el valor obtenido se multiplica por el espesor del horizonte expresado en dm. La capacidad de campo efectiva total del suelo estará dada por la suma de los valores obtenidos en cada horizonte, y con este valor se ingresa a la tabla n° 2 para obtener el puntaje S correspondiente.

Tabla n° 4

<b>CLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD EFECTIVA DE DEPOSITACIÓN Dd</b>	
<b>Dd (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Clasificación</b>
< 0.7	Dd <sub>1</sub>
0.7 – 1.0	Dd <sub>2</sub>
1.1 – 1.3	Dd <sub>3</sub>
1.4 – 1.6	Dd <sub>4</sub>
> 1.6	Dd <sub>5</sub>

Fuente: MOP. DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 de 2002.

Para la determinación de la capacidad de campo en la provincia de Talagante, según como ya se ha explicado, se ha utilizado la información del Estudio de Suelos del Proyecto Maipo que fue realizado por la Comisión Nacional de Riego (CNR) en el año 1981. En este estudio, se hace una clasificación de los suelos en gran parte de la Región Metropolitana, abarcado en esta área a la provincia de Talagante.

La unidad de clasificación que se utilizó en el estudio del proyecto Maipo fue la serie de suelo, y en él aparece un análisis físico químico de cada una de las series. Esta información nos permitió conocer las características granulométricas, y las densidades de depositación de los horizontes de suelo de aquellas series que abarcan la provincia de Talagante. De esta manera, se pudo obtener la capacidad de campo efectiva unitaria de cada horizonte de suelo en el área de estudio.

Sin embargo, para determinar la capacidad de campo efectiva total de cada una de las series analizadas, se tuvo que suponer que el peso de cada muestra de suelo en cada serie, era de 100 g por cada horizonte, además, también se estableció que el peso de suelo fino en cada muestra correspondía a la suma de los porcentajes de limo y arcilla presentes en cada uno de ellos. Esta limitación se debe a que en el estudio del Maipo, no aparece la información de los pesos de las muestras utilizadas.

De esta manera, se determinó la capacidad de campo de las series de suelo que abarcan la provincia de Talagante. Como la serie de suelo es una unidad espacial que se representa en forma areal, éstas se clasificaron de acuerdo a los rangos de capacidad de campo efectiva establecidos en el método BGR, asignándoles el puntaje S correspondiente, lo cual fue representado gráficamente en un mapa a escala 1:210000.

En este mapa, además de estar representadas las áreas con sus correspondientes valores de capacidad de campo y puntajes S, se han agregado los pozos con los cuales se realizó el análisis estratigráfico, con el objeto de conocer el puntaje final obtenido por cada uno de ellos.

### V.2.2.2 Determinación de la tasa de percolación o recarga (factor R)

El método BGR, establece que se debe determinar la cantidad de agua que constituye la recarga del acuífero, expresada en mm/año. Para lo cual se debe determinar la recarga natural (RN) y la recarga artificial (RA). La suma de los valores correspondientes a ambos tipos de recarga proporcionan el valor total de la recarga en el acuífero.

Ante la imposibilidad de obtener el valor de la RN en forma directa, el método BGR establece que un valor equivalente el cual puede ser utilizado, es aquel correspondiente a la diferencia entre el valor de la precipitación anual, y el valor de la evapotranspiración potencial anual. Este valor correspondería a lo que en el método se designa como recarga natural estimada (Rnest), y el cálculo debe realizarse sin considerar el efecto de la pendiente, por lo cual se hace bajo la suposición que el terreno es horizontal.

Por su parte el valor de la RA también debe expresarse en mm/año, pero además debe considerarse la superficie en donde se realiza la recarga, por lo tanto, este valor sería igual a la siguiente expresión:

$$R.A = \text{Volumen total de infiltración (mm/año)} / \text{superficie de infiltración}$$

Finalmente, el método BGR clasifica los valores de recarga que se pueden obtener en cinco rangos, asignando un factor R a cada uno de ellos, siendo este factor diferente según si la recarga natural es medida directamente o es estimada. El valor del factor R es más alto mientras menor sea la recarga, debido a que altos valores de recarga significarían un menor grado de protección para el acuífero (ver la tabla n° 5).

**Tabla n° 5**

<b>VALORACIÓN DE LA RECARGA EN EL ACUÍFERO (FACTOR R)</b>			
<b>Factor R para RN medida</b>		<b>Factor R para RN estimada</b>	
<b>RN + RA (mm/año)</b>	<b>Factor R</b>	<b>Rnest + RA (mm/año)</b>	<b>Factor R</b>
≤ 99	1.75	≤ 99	1.50
100 - 199	1.50	100 - 199	1.25
200 - 299	1.25	200 - 299	1.00
300 - 399	1.00	300 - 399	0.75
≥ 400	0.75	≥ 400	0.50

Fuente: MOP. DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 de 2002.

Para la determinación de la recarga del acuífero en la provincia de Talagante, se han utilizado los sectores de recarga establecidos en el estudio del Ministerio de Obras Públicas denominado Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca de los Ríos Maipo-Mapocho (MOP, DGA. 2000).

En este estudio, se determinan los sectores de recarga para la cuenca de los ríos Maipo y Mapocho, abarcando en esta área a la provincia de Talagante. Estos sectores han sido clasificados en el estudio del MOP como sectores rurales y sectores urbanos, y se establecen los valores de la recarga obtenidos en cada uno de ellos desde enero de 1990, hasta marzo de 1998.

De esta manera, los valores asignados a los sectores rurales representan la recarga para el acuífero producto de la infiltración de las precipitaciones, la infiltración de las aguas de riego y la infiltración de las aguas de los canales. Para los sectores urbanos, el valor representa la infiltración de las precipitaciones, y la infiltración producto de las pérdidas de la red de agua potable y alcantarillado.

En la provincia de Talagante los valores asignados a cada sector, corresponden al promedio de ambos valores obtenidos desde enero de 1990 hasta marzo de 1998. Como estos representan la infiltración ocurrida en sectores de condiciones distintas, no se pudo hacer la distinción entre lo que corresponde a la recarga natural, y lo que corresponde a la recarga artificial.

Debido a lo anterior, la recarga en el área de estudio se considero como recarga artificial, y los valores asignados en cada sector se dividió por la superficie correspondiente a cada uno de ellos. Finalmente este último valor fue el que se utilizo para asignar el factor R a cada sector de recarga, considerando la recarga natural como estimada de acuerdo a lo establecido en la tabla n° 5.

Los sectores de recarga en el área de estudio, así como también sus valores y sus correspondientes factores R, fueron representados en un mapa a escala 1:210000, y en él también se representaron los pozos utilizados en el análisis estratigráfico con el objetivo de conocer el puntaje final obtenido por cada pozo en el área.

### **V.2.2.3 Evaluación del espesor de la zona no saturada (factor E)**

El método BGR considera en la evaluación el espesor de la zona no saturada, puesto que influye en el tiempo de tránsito de una sustancia líquida que se infiltra hacia la napa. Esto se debe a que durante el recorrido de una sustancia líquida a través de la zona de aireación, la sustancia es afectada por procesos mecánicos, físicos, químicos y microbiales. Por estas razones, el espesor de la zona no saturada expresada en metros, es utilizado como un factor en la evaluación.

Para la determinación del espesor de la zona no saturada en la provincia de Talagante, se consideraron los niveles estáticos que presentaron algunos pozos ubicados en el área de estudio durante el primer semestre del año 1998. Estos datos fueron extraídos desde el estudio del Ministerio de Obras Públicas (los datos de los pozos utilizados en esta evaluación se pueden observar en el anexo n° 1).

Con la información extraída del estudio anteriormente citado, se pudo determinar la ubicación de los pozos en la provincia con sus correspondientes datos de niveles estáticos. Al corresponder estos datos a un mismo periodo de tiempo, se realizó con ellos una interpolación y se trazaron isólinas de profundidad de aguas subterráneas en el área.



Debido a que la distribución de los pozos con datos de niveles estáticos correspondientes al año 1998 dejó zonas sin información al interior de la provincia, se usaron los datos de algunos pozos utilizados en la evaluación estratigráfica. Estos datos, a diferencia de aquellos extraídos desde el estudio del Ministerio de Obras Públicas, corresponden al periodo de construcción de los pozos, y por lo tanto las isolíneas trazadas a partir de ellos son consideradas como de un nivel inferior de fiabilidad, porque son originadas a partir de datos generados en distintos periodos de tiempo, y además corresponden a datos relativamente antiguos.

Las isolíneas trazadas a partir de estos datos, se han representado gráficamente en un mapa a escala 1:210000. En este mapa, se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica con el objeto de establecer la profundidad hasta la cual se realizara tal evaluación para cada uno de los pozos.

#### **V.2.2.4 Evaluación del tipo litológico o estratigrafía (puntaje L)**

Debido a las diferentes propiedades hidrogeológicas que poseen los depósitos consolidados y los depósitos no consolidados, el método BGR evalúa ambos tipos de depósitos en forma separada, asignando un puntaje denominado como  $L_n$  a los no consolidados y otro puntaje denominado como  $L_c$  a los consolidados.

En la provincia de Talagante el acuífero esta constituido por depósitos no consolidados, por lo cual a continuación se explicará la forma en que fueron evaluados estos depósitos en el área de estudio.

##### **V.2.2.4.1 Evaluación de los depósitos no consolidados (puntaje $L_n$ )**

El método BGR establece un puntaje denominado como  $L_n$  para distintos tipos de depósitos no consolidados. Esto lo hace basándose en el tiempo de residencia que éstos le pueden generar a un líquido que percola a través de ellos. Así, mientras mayor sea el tiempo de residencia que el depósito genere a un líquido que percole a través de él, mayor es el puntaje que se le asigna.

El tiempo de residencia, que pueden generar estos materiales ha sido estimado a partir de sus capacidades de intercambio catiónico, y esto último ha sido estimado a partir de la cantidad de material fino presente en cada uno de ellos.

Para realizar esta evaluación se requiere conocer las proporciones de los materiales que constituyen el depósito cada un metro de profundidad, para posteriormente, utilizar esta información en triángulos granulométricos que entregan el puntaje  $L_n$  de acuerdo a la proporción de los materiales constituyentes en el depósito.

Cuando no se conocen las proporciones de los materiales que los constituyen, éstos pueden ser evaluados a través de la descripción estratigráfica que frecuentemente entregan los sondajes. Para esto el método BGR establece que se debe utilizar la tabla n° 6, en la cual aparecen las descripciones de los depósitos y sus correspondientes puntajes  $L_n$  asignados de acuerdo a los criterios ya explicados (ver la tabla n° 6).

Tabla n° 6

<b>EQUIVALENCIAS LITOLÓGICAS PARA DESCRIPCIONES ESTRATIGRÁFICAS DE SONDAJES, Y PUNTAJES Ln ASOCIADOS</b>		
<b>Depósito no consolidado</b>	<b>Equivalencias</b>	<b>Puntaje Ln</b>
Arcilla		500
Arcilla poco limosa	Arcilla-limo, arcilla fangosa	400
Ceniza fina		400
Turba		300
Sapropel		300
Limo	Limo-arcilla, limo arcilloso, limo cementado	300
Arcilla arenosa	Arcilla-arena, limo arenoso, limo-arena, arcilla-limo-arena.	270
Arcilla con grava	Arcilla con bolones o ripio, limo arenoso con grava o bolones o ripio, arcilla arenosa con grava o bolones o ripio, arcilla-arena-grava o bolones o ripio, arcilla-grava o ripio, limo-arena-arcilla	200
Ignimbrita semiconsolidada	Pumicita, liparita, cinerita.	200
Ceniza gruesa		200
Arena arcillosa	Arena-arcilla, arena-arcilla (>20%)-arena, arena-limo, "cancagua" Arena limosa, arena cementada, arena-arcilla-limo	140
Grava arcillosa arenosa	Ripio o grava o bolones-arcilla (>20%), bolones o grava-limo-arcilla	75
Grava arenosa arcillosa	Grava-arena-arcilla ( $\leq 20\%$ ), bolones o ripio o grava arenosa-poca arcilla Arena arcillosa ( $\leq 20\%$ ), ripio-arena-arcilla, arena-arcilla-grava, arena con grava poco limo	50
Tefra de lapilli	Manto de lapilli, gravilla volcánica, "chicharrones", "piedra pómez"	50
Arena	Arena con grava fina, arena con piedrecilla o gravilla, arena-arcilla-bolones o grava	25
Grava arenosa	Ripio-arena, bolones o ripio arenoso, gravilla	10
Grava	Bolones o ripio, roca, bloques, grava-bolones-ripio.	5

Fuente: MOP, DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 del año 2002.

En este trabajo, los depósitos no consolidados fueron evaluados a partir de la descripción estratigráfica de cuarenta pozos ubicados en el área. Estas descripciones fueron extraídas desde los informes técnicos de las solicitudes de derechos de aguas subterráneas en la provincia de Talagante (los datos de los pozos utilizados en esta evaluación se pueden observar en el anexo n° 1).

La evaluación de los depósitos en cada uno de estos pozos, se realizó hasta la profundidad indicada en el mapa de profundidad de aguas subterráneas realizado para la provincia en este estudio, y la determinación de los puntajes Ln para cada tipo de depósito se hizo según lo que indica la tabla n° 6.

Para asignar los puntajes Ln se deben considerar los siguientes aspectos:

- Si aparecen depósitos salinos en un porcentaje mayor a 25% de la litología analizada, esta se considerará con un puntaje Ln de 5.
- Si el depósito contiene cantidades visibles de materia orgánica, el número de puntos se incrementa en un 75% por metro de espesor (no aplicable a turba y a sapropel).
- Si el contenido de materia orgánica es visiblemente elevado, 75 puntos se añaden por metro de espesor.
- Debido a la presencia de grietas profundas de desecación, los depósitos superficiales ricos en arcillas y limos de hasta tres metros de espesor que descansan sobre rocas permeables que no contengan aguas subterráneas, deben ser tratados como arcillolitas moderadamente fracturadas, es decir, como si fueran depósitos consolidados asignándoles el puntaje Lc correspondiente.

#### V.2.2.5 Evaluación de las condiciones artesianas (puntaje extra A)

La presencia de condiciones artesianas, (acuíferos confinados) es muy favorable para la protección del acuífero ante una sustancia líquida contaminada que percole hacia él. Por esta razón el método BGR asigna un puntaje A de 1500 puntos cuando se presentan estas condiciones en el área estudiada.

Sin embargo, en la provincia de Talagante, el acuífero no presenta confinamiento por lo cual este puntaje no se ha utilizado en la evaluación.

#### V.2.2.6 Determinación de la efectividad de protección

Para determinar la efectividad de protección generalizada (puntaje  $P_t$ ) y la vulnerabilidad asociada, el método establece que antes se debe determinar la efectividad de protección del suelo, (puntaje  $P_1$ ) y la efectividad de protección de la cubierta litológica (puntaje  $P_2$ ).

La efectividad de protección generalizada estaría dada por la suma de ambos puntajes, y por lo tanto sería igual a la siguiente expresión:

$$P_t = P_1 + P_2$$

##### V.2.2.6.1 Determinación de la efectividad de protección del suelo (puntaje $P_1$ )

Para determinar la efectividad de protección del suelo, se debe multiplicar el puntaje S obtenido a través de la capacidad de campo efectiva, y el factor R que corresponde a la tasa de percolación o recarga. De esta manera, la efectividad de protección del suelo, sería igual a la siguiente expresión:

$$P_1 = S * R$$

Cuando la infiltración de una sustancia líquida se realiza por debajo de la cubierta de suelo, el método establece que  $P_1 = 0$ .

**V.2.2.6.2** Evaluación de la efectividad de protección de la cubierta litológica (puntaje  $P_2$ )

Para determinar la efectividad de protección de la cubierta litológica, los puntajes asignados a cada estrato en forma individual,  $L_n$  para aquellos constituidos por depósitos no consolidados y  $L_c$  para aquellos constituidos por depósitos consolidados, y multiplicados por sus correspondientes espesores, es decir, por el factor  $E$  en la evaluación litológica realizada anteriormente, se suman y este resultado obtenido se multiplica por la tasa de percolación o recarga (factor  $R$ ). Además si en el área analizada se dan condiciones artesianas, al puntaje obtenido después de la multiplicación, se le debe sumar el puntaje extra denominado como  $A$ .

Por lo tanto, el puntaje  $P_2$  sería igual a la siguiente expresión:

$$P_2 = R * (L_1 * E_1 + L_2 * E_2 + \dots L_n * E_n) + A$$

Donde  $L_1 = L_n$  para depósitos no consolidados y

$L_1 = L_c$  para depósitos consolidados.

Para la determinación de la efectividad de protección del suelo en el área de estudio, se realizó una superposición del mapa correspondiente a la capacidad de campo efectiva en el área, y el mapa correspondiente a la tasa de percolación o recarga. Los resultados de esta superposición se han expuesto en un mapa a escala 1:210000, y las áreas representadas en él, se han clasificado de acuerdo al puntaje  $P_1$  que aquellas áreas obtuvieron.

Por su parte, la evaluación de la efectividad de protección de la cubierta litológica, se realizó en forma individual para cada uno de los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica de acuerdo a lo establecido por el método BGR, y los puntajes  $P_2$  obtenidos por cada uno de ellos se han representado en el mapa citado anteriormente.

**V.2.2.6.3** Determinación de la efectividad de protección generalizada y la vulnerabilidad asociada

De acuerdo a lo establecido en el método BGR, la vulnerabilidad es inversamente proporcional a la efectividad de protección generalizada en un acuífero. De esta forma el método clasifica los puntajes de la efectividad de protección en cinco rangos, asignando a cada uno de ellos un nivel de efectividad de protección, tanto más alto mientras mayor sea el puntaje obtenido. A estos niveles de efectividad de protección, el método asigna un nivel de vulnerabilidad el cual decrece a medida que aumenta la efectividad.

Además, el método estima el tiempo de residencia de una sustancia líquida en el suelo y en la zona no saturada sobre la napa, de acuerdo a los niveles de efectividad de protección obtenidos.

Para la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio, se estableció la efectividad de protección generalizada para cada uno de los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica. Para esto se le sumaron a los puntajes  $P_2$  obtenidos por cada uno de ellos, los puntajes  $P_1$  correspondientes a las áreas en donde cada uno de los pozos se ubica.

De esta manera, a través de los puntajes totales obtenidos por cada uno de los pozos, se procedió a delimitar las áreas asignando a cada una de ellas un nivel de vulnerabilidad. Esta delimitación se efectuó interpolando los valores límites con los cuales se determina cada nivel de vulnerabilidad de acuerdo a lo indicado en la tabla n° 7 (ver la tabla n° 7).

Lo anterior se ha representado gráficamente en un mapa de vulnerabilidad del área de estudio a escala 1:210000. Además, en este mapa se han representado los niveles de profundidad de las aguas subterráneas y los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica.

**Tabla n° 7**

<b>EFFECTIVIDAD DE PROTECCIÓN Y VULNERABILIDAD ASOCIADA SEGÚN EL MÉTODO BGR</b>			
<b>N° total de puntos (puntaje P<sub>t</sub>)</b>	<b>Efectividad de protección generalizada</b>	<b>Vulnerabilidad asociada</b>	<b>Tiempo de residencia estimado en el suelo y subsuelo sobre el acuífero</b>
≥ 4000	Muy alta	Baja	> 25 años
2000 – 3999	Alta		10 – 25 años
1000 – 1999	Moderada	Media	3 – 10 años
500 – 999	Baja	Alta	Varios meses a 3 años
≤ 400	Muy baja		Unos pocos días a 1 año

Fuente: MOP, DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, D.S n° 46 del año 2002.

### V.2.3 Aplicación del método GOD para la determinación de la vulnerabilidad

El método GOD fue diseñado por Foster en 1987, y ha sido utilizado con mucha frecuencia en la década de los noventa en América Latina y el Caribe. Este método considera dos factores básicos los cuales son:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada, y
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero.

Estos factores no son fáciles de medir porque a su vez, dependen de distintos parámetros de los cuales generalmente no se cuenta con información detallada de ellos. Debido a esto, Foster (1987), y Foster & Hirata (1991) realizando una simplificación caracterizan a la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación considerando factores generalmente disponibles y fácilmente determinables, los cuales son los siguientes:

- **G (groundwater):** Grado de confinamiento hidráulico del acuífero en consideración.
- **O (overall):** Ocurrencia del sustrato suprayacente (zona no saturada o capas confinantes) en términos de sus características litológicas y grado de consolidación.
- **D (depth):** Distancia al agua, determinada como la profundidad hasta el nivel del agua en acuíferos no confinados, o la profundidad hasta el techo en acuíferos confinados.

Este método asigna un puntaje entre 0 y 1 a cada parámetro, de acuerdo a las características que adoptan en el área de estudio según lo estipulado en el esquema de la figura n° 6 (ver la figura n° 6). Posteriormente los puntajes asignados a cada uno de ellos, se multiplican entre si obteniendo un puntaje final que se asocia a un nivel de vulnerabilidad. De esta manera, la vulnerabilidad de acuerdo a este método sería igual a la siguiente expresión:

$$\text{Vulnerabilidad} = G * O * D$$

Algunos investigadores latinoamericanos, han propuesto una modificación al método GOD con el objeto de incorporar en él, la capacidad de atenuación de contaminantes que poseen los suelos. Para esto han agregado al método un cuarto parámetro el cual representa una clasificación general de las distintas texturas de suelo que se pueden encontrar en un área determinada.

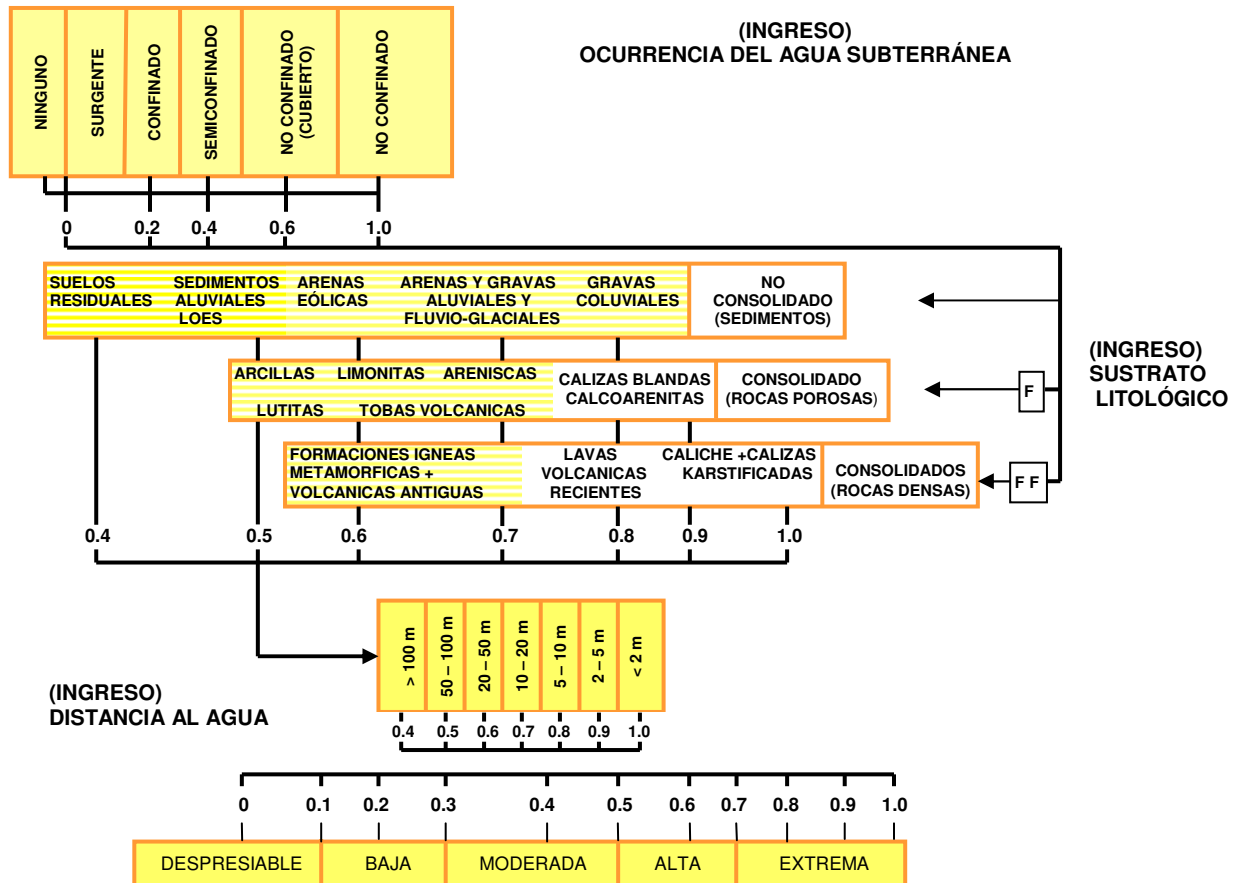
De esta manera a cada tipo de textura se le asigna un valor que va desde los 0.5 puntos para las texturas más finas, hasta 1.0 puntos para aquellas texturas más gruesas. Este valor se agrega como un nuevo factor a los parámetros ya mencionados y se le designa con la letra S (ver la figura n° 7).

La aplicación del método GOD-S, sería válida para aquellas zonas rurales en donde el perfil del suelo no ha sido alterado de manera significativa, además, se debe considerar que muchos de los contaminantes que alteran las aguas subterráneas, son vertidos por debajo de la capa de suelo anulando su capacidad de atenuación de contaminantes.

Los resultados obtenidos tras la aplicación del método GOD o GOD-S, representan distintos niveles cualitativos de vulnerabilidad, los cuales son los siguientes:

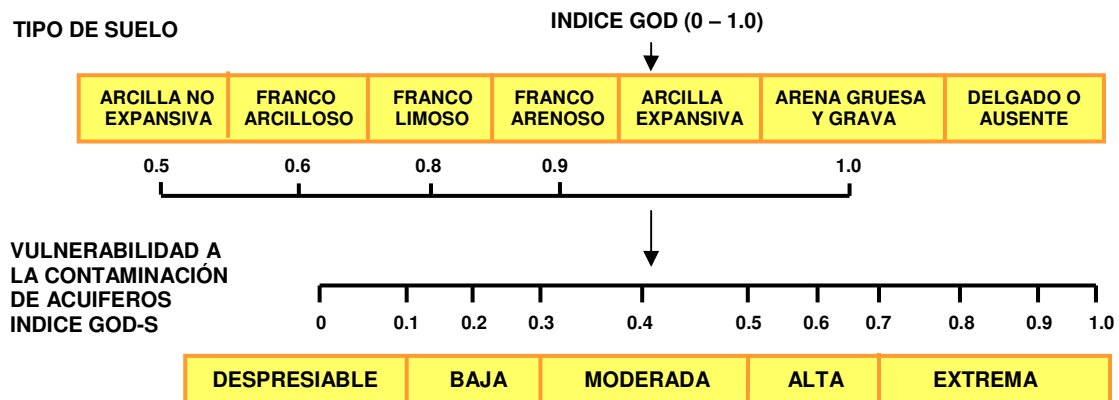
- **Vulnerabilidad extrema:** acuífero vulnerable a la mayoría de los contaminantes del agua, con un impacto relativamente rápido en muchos escenarios de polución.
- **Vulnerabilidad alta:** acuífero vulnerable a muchos contaminantes, excepto a aquellos muy absorbibles o fácilmente transformables.
- **Vulnerabilidad moderada:** vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
- **Vulnerabilidad baja:** acuífero vulnerable a los polucionantes más persistentes y a largo plazo.
- **Vulnerabilidad despreciable:** Zona en donde la presencia de capas confinantes no permiten ningún flujo vertical significativo.

**Figura n° 6**  
**Diagrama del índice GOD**



Fuente: Foster & Hirata. 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

**Figura n° 7**  
**Factor S en la evaluación del método GOD-S**



Fuente: Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

### **V.2.3.1** Evaluación de la forma en que se presenta el agua subterránea en el área de estudio (parámetro G)

Para evaluar este parámetro, se utilizó la información del estudio titulado como: Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca de los Ríos Maipo-Mapocho. La información utilizada fue principalmente aquella correspondiente a los perfiles estratigráficos los cuales fueron incorporados en el presente trabajo en la caracterización del área de estudio.

Además, también se considero la información de los perfiles estratigráficos de los cuarenta pozos ubicados en el área. Estos perfiles, corresponden a los pozos que se utilizaron en la evaluación estratigráfica para la aplicación del método BGR.

Con esta información se procedió a determinar el tipo de acuífero, y se represento gráficamente en un mapa a escala 1:210000 junto con el puntaje G correspondiente, de acuerdo a lo estipulado en el esquema de la figura n° 6.

### **V.2.3.2** Evaluación de las características de la zona no saturada (parámetro O)

Para evaluar las características de la zona no saturada, se utilizo la información de los perfiles estratigráficos del estudio anteriormente citado, así como también los perfiles estratigráficos de los cuarenta pozos ubicados en el área y utilizados para la evaluación del parámetro anterior. Además de esta información, se consideraron las características geológicas y geomorfológicas descritas en este trabajo en la caracterización del área de estudio.

Con esta información se procedió a determinar cuales eran las características de la zona no saturada clasificándolas de acuerdo a lo establecido en el método GOD. Esto se representó gráficamente en un mapa a escala 1:210000, y se asignó al área el puntaje O correspondiente de acuerdo a lo estipulado en el esquema de la figura n° 6.

### **V.2.3.3** Evaluación de la profundidad del nivel freático (parámetro D)

Para la evaluación de este parámetro, se utilizo el mapa de profundidad realizado en la aplicación del método BGR. Para utilizar la información generada en él, se procedió a delimitar áreas a partir de las isolíneas de profundidad de las aguas. La delimitación de estas áreas, se realizo de acuerdo a los rangos de profundidad establecidos en el método GOD, y se les asigno a cada una de ellas el puntaje D correspondiente según el esquema de la figura n° 6, lo cual fue representado gráficamente en un mapa a escala 1:210000.

### **V.2.3.4** Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al método GOD

Para determinar la vulnerabilidad en el área de estudio, se realizó una superposición de los mapas correspondientes a los tres parámetros evaluados. Las áreas resultantes de tal superposición, poseían sus respectivos puntajes G, O y D. De esta manera, la multiplicación de estos valores nos entregó el producto final con el cual se procedió a determinar la vulnerabilidad de las áreas generadas.



Lo anterior se representó gráficamente en un mapa a escala 1:210000, y en los mapas correspondientes a cada uno de los factores, se han incorporaron los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica con el objeto de conocer los puntajes obtenidos por cada uno de ellos.

#### **V.2.3.5** Determinación del factor S para la obtención del índice GOD-S

Para la determinación del factor S, se ha utilizado la información del mapa correspondiente a las texturas de suelos presentes en el área de estudio. Esta información se ha obtenido del Estudio de Suelos del Proyecto Maipo (Comisión Nacional de Riego, 1981).

De esta manera, a cada tipo de textura de suelo se les ha asignado su correspondiente puntaje S según lo estipulado en la figura n°7 (ver la figura n°7). Esto se ha representado en un mapa a escala 1:210000, en donde aparecen representadas las distintas texturas de suelo presentes con sus correspondientes puntajes S.

#### **V.2.3.6** Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al índice GOD-S

Para la determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al método GOD-S, se ha realizado una superposición de los mapas correspondientes a las texturas de suelos con el puntaje S asignado, con el mapa de vulnerabilidad obtenido a través del índice GOD.

De esta manera, las áreas resultantes a través de la superposición de ambos mapas, poseían cada una de ellas, un valor correspondiente al índice GOD, y otro valor correspondiente al factor S. Estos valores fueron multiplicados obteniendo de esta manera el índice GOD-S para cada una de estas áreas. Luego, éstas fueron clasificadas según los valores límites del índice GOD-S para la determinación de los distintos niveles de vulnerabilidad estipulado en la figura n° 7 (ver la figura n° 7).

Lo anterior fue representado, en un mapa de vulnerabilidad a escala 1:210000, en donde además, se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica con el objeto de conocer los resultados obtenidos para cada uno de ellos.

#### **V.2.4** *Comparación de los métodos GOD y BGR en la determinación de la vulnerabilidad*

La comparación de los métodos GOD y BGR se realiza considerando dos aspectos: primero se hace una comparación entre los métodos en sí, es decir, se analizan los parámetros considerados por cada uno de ellos y la forma en que estos son evaluados y relacionados para obtener el resultado final.

Por último, se analizan los resultados obtenidos tras la aplicación de ambos métodos en el área de estudio. Esto último se hace realizando una comparación de los resultados gráficos obtenidos de los mapas de vulnerabilidad del área de estudio, correspondientes a ambos métodos y se comparan además, los puntajes obtenidos por cada uno de los pozos tras la aplicación de ellos.

### V.2.5 Determinación de la carga contaminante y el peligro potencial de contaminación en la provincia de Talagante

La carga contaminante se ha determinado utilizando la metodología propuesta por Foster *et al* (2002) denominado como el método POSH (Pollutant Origin, Surcharge Hydraulically). Este método, establece la carga contaminante de una actividad en base a dos hipótesis, las cuales son las siguientes:

- Asocia la posibilidad de la presencia de una sustancia contaminante del agua subterránea con un tipo de actividad antrópica, y
- Estima la sobrecarga hidráulica probable sobre la base del uso del agua de la actividad.

De esta manera, este método establece tres niveles de generación de carga contaminante para cada actividad los cuales son: reducido, moderado y elevado, estableciendo los niveles de generación de carga contaminante para fuentes difusas y fuentes contaminantes puntuales (ver las tablas n° 8 y n° 9).

**Tabla n° 8**

<b>CATEGORIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN DIFUSA DE ACUERDO AL MÉTODO POSH</b>		
<b>Potencial generación de carga contaminante</b>	<b>Fuentes de contaminación</b>	
	<b>Saneamiento <i>in situ</i></b>	<b>Prácticas agrícolas</b>
Elevado	Cobertura del servicio de cloacas < 25% y densidad poblacional superior a 100 personas/hectárea	Cultivos comerciales intensivos y la mayoría de los monocultivos en suelos bien drenados o con baja eficiencia de riego, pastoreo intensivo sobre praderas altamente fertilizadas
Moderado	Intermedio entre elevado y reducido	
Reducido	Cobertura del servicio de cloacas > 75% y densidad poblacional inferior a 50 personas/hectárea	Rotación de cultivos tradicionales, pastoreo extensivo, sistema de granjas ecológicas, cultivos bajo riego de alta eficiencia en áreas áridas

Fuente: Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

**Tabla n° 9**

<b>CATEGORIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PUNTUALES DE ACUERDO AL MÉTODO POSH</b>			
<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Potencial generación de carga contaminante</b>		
	<b>Elevado</b>	<b>Moderado</b>	<b>Reducido</b>
Disposición de residuos sólidos	Residuos de industrias del tipo 3; residuo de origen desconocido.	Precipitación > 500 mm/año con residuos residenciales; industriales del tipo 1; agroindustriales	Precipitación < 500 mm/año con residuos residenciales; industriales tipo 1; agroindustriales
*Sitios industriales	Industrias tipo 3; actividad que maneje > 100 kg/día de sustancias químicas	Industrias del tipo 2	Industrias del tipo 1
Laguna de efluentes	Todas las industrias del tipo 3; cualquier efluente (excepto aguas residuales residenciales) si el área es > 5 hectáreas	Agua residual residencial si el área es > 5 hectáreas; otros casos que no figuren como elevado y reducido	Efluente residual urbano mezclado; agroindustrial y minero no metalífero si el área es < 1 hectárea.

Tabla n° 9 (continuación)

<b>CATEGORIZACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN PUNTUALES DE ACUERDO AL MÉTODO POSH</b>			
<b>Fuentes de contaminación</b>	<b>Potencial generación de carga contaminante</b>		
	<b>Elevado</b>	<b>Moderado</b>	<b>Reducido</b>
Urbanas varias		Gasolineras; rutas con tráfico regular de sustancias químicas peligrosas	Cementerios
Exploración minera y petrolera	Operación de campos de petróleo; minas metalíferas	Algunas minas; cantera de materiales inertes	
<p>*</p> <p><b>Industrias tipo 1:</b> Carpintería, fábrica de alimentos y bebidas, destilería de alcohol y azúcar, procesamiento de materiales no metálicos</p> <p><b>Industria tipo 2 :</b> Fábrica de caucho, pulpa y papel, textiles, artículos eléctricos, fertilizantes, detergentes y jabones</p> <p><b>Industria tipo 3:</b> Talleres mecánicos, refinería de gas y petróleo, manufactura de pesticidas, plásticos, productos farmacéuticos y químicos, curtidurías, fábrica de artículos electrónicos, procesamiento de metal.</p>			

Fuente: Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

En el caso del presente trabajo, se han clasificado las actividades presentes en el área de estudio como: fuentes contaminantes urbanas, vías de transporte, actividad industrial y actividad agrícola. De esta manera, se ha realizado un inventario de actividades potencialmente contaminantes en la provincia, realizando cartografías con la ubicación de las actividades consideradas, y se ha asociado la presencia de ciertas sustancias contaminantes con alguna de las actividades presentes en el área de estudio como lo establece el método POSH.

Sin embargo, la estimación de la carga hidráulica para cada una de las actividades presentes, se realiza de distintas formas para cada actividad. Lo anterior se debe principalmente a que la información disponible a la cual se pudo acceder para la realización de este estudio, varía respecto a cada una de las actividades consideradas.

Una vez establecidos los niveles de generación de carga contaminante para cada una de las actividades, y establecidos los niveles de vulnerabilidad en el área de estudio, se procedió a determinar el peligro potencial de contaminación generado por cada actividad. Para esto, se han relacionado los indicadores de ambos factores a través de una matriz de doble entrada, la cual entrega como resultado el nivel de peligro potencial generado por cada una de las actividades (ver la figura n° 8).

**Figura n° 8**  
**Determinación del peligro potencial de contaminación hacia las aguas subterráneas**

		POTENCIAL GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE		
		Elevado	Moderado	Reducido
NIVELES DE VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO	Alta	Alto	Alto	Moderado
	Media	Alto	Moderado	Bajo
	Baja	Moderado	Bajo	Bajo

De esta manera, a continuación se dan a conocer las actividades ubicadas en el área de estudio y consideradas en el presente trabajo, junto con los criterios utilizados para la determinación de los niveles de generación de carga contaminante, y la posterior determinación del peligro potencial de contaminación generado por cada una de ellas.

**V.2.5.1** Determinación de la generación potencial de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación generado por las fuentes urbanas en la provincia de Talagante

**V.2.5.1.1** Almacenamiento de combustibles líquidos

Una de las actividades que ha sido considerada como una fuente potencial de contaminación para las aguas subterráneas en la provincia, es el almacenamiento de combustibles líquidos. Esto se debe a que los combustibles líquidos, en su composición presentan hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuros, benceno e hidrocarburos alojenados, además, presentan una baja degradabilidad por lo cual pueden permanecer por un tiempo prolongado en los terrenos.

Los principales lugares en los cuales se almacenan combustibles en la provincia, corresponden a las estaciones de servicio y a los consumos propios de combustibles. Por lo cual se requirió la información de la ubicación y características de estos lugares, la cual se extrajo desde la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

A través de la información obtenida desde la SEC, se procedió a determinar la potencial generación de carga contaminante generado por cada uno de estos lugares. De acuerdo al método POSH, las gasolineras estarían dentro de las actividades urbanas con un nivel de generación de carga contaminante moderado (ver la tabla n° 9).

Sin embargo, para la realización del presente trabajo, el nivel de generación de carga contaminante debido a esta actividad se ha determinado de acuerdo a lo propuesto por Toro (2003), quien determino los niveles de generación de carga contaminante de los lugares de almacenamiento de combustibles de acuerdo a lo siguiente:

- Para las estaciones de servicio, se ha considerado el año en que cada estación comenzó a funcionar, y
- Para los consumos propios, se ha considerado la ubicación del estanque de almacenamiento, es decir, si el estanque es subterráneo o se encuentra en la superficie.

En el caso de las estaciones de servicio, se han definido dos niveles de generación de carga contaminante, elevado y moderado. El criterio para distinguir entre ambos niveles, es el año en que comenzaron a funcionar las estaciones. Lo anterior se explica por que esto, es un indicador del año en que se construyó el estanque de almacenamiento, lo cual es importante, ya que en el año 1997 entra en vigencia el Decreto n° 90 del año 1996 que establece el reglamento de seguridad para el almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.

A partir de la entrada en vigencia del Decreto anteriormente citado, los requisitos para la construcción de los estanques de almacenamiento de combustibles comienzan a ser más estrictos, por lo cual se considera que aquellos estanques construidos después del año 1997, presentan menores posibilidades de sufrir fugas o filtraciones de combustibles, lo cual sería un indicador de un nivel moderado de generación potencial de carga contaminante. De esta manera, lo contrario ocurriría para aquellas estaciones que comenzaron a funcionar antes del año 1997, las cuales tendrían un nivel de generación de carga elevado.

En el caso de los consumos propios, también se han definido dos niveles de generación de carga, elevado y moderado. El criterio para distinguir entre ambos niveles, es la ubicación del estanque, es decir, si el estanque se encuentra en la superficie o es subterráneo. De esta manera, se considera que aquellos estanques que se encuentran ubicados en la superficie, presentan menores posibilidades de ocasionar algún episodio de contaminación hacia las aguas subterráneas en caso de sufrir fugas o filtraciones, que aquellos que se encuentran bajo la superficie. Considerando lo anterior, se ha definido que los estanques en superficie poseen un nivel moderado de generación de carga contaminante, y los que se encuentran bajo la superficie poseen un nivel elevado.

Una vez definidos los niveles de generación de carga para las estaciones y los consumos propios, se procedió a determinar el peligro potencial de contaminación generado por estos lugares en la provincia. Esto se realizó superponiendo la información de la ubicación en la provincia, y la generación de carga de cada estación y consumo propio, con la información de la vulnerabilidad a la contaminación del área de estudio según los resultados obtenidos con el método BGR.

La relación de los niveles de generación de carga de cada lugar de almacenamiento de combustible con los niveles de vulnerabilidad del área de estudio, se realizó según lo estipulado en la figura n° 8, obteniendo de esta manera el nivel de peligro potencial generado por cada estación y consumo propio (ver la figura n° 8).

Finalmente, esto se representó gráficamente en dos cartografías a escala 1:210000 en las cuales se puede observar, la ubicación de las estaciones de servicio y consumos propios en la provincia, con la información de sus correspondientes niveles de generación de carga, vulnerabilidad y el peligro potencial generado por cada uno de ellos.

#### V.2.5.1.2 Vertederos ilegales de residuos sólidos (VIRS)

Los vertederos ilegales de residuos sólidos, son lugares potencialmente contaminantes por la presencia en ellos, de diversos materiales de distinta naturaleza sin ningún tipo de control ni impermeabilización del suelo en donde se depositan. Estas condiciones pueden generar el arrastre por medio de la percolación de sustancias contaminantes hacia las aguas subterráneas.

La información y características de los VIRS de la provincia de Talagante, fue facilitada por el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA). De esta manera, se pudo obtener la información de los cuatro vertederos de este tipo ubicados en la provincia.

Una vez obtenida la información de los VIRS del área de estudio, se procedió a determinar el nivel de generación de carga contaminante de cada uno de ellos. Para esto, se ha utilizado la metodología propuesta por Foster & Hirata (1991) quienes determinan los niveles de generación de carga basándose en los siguientes criterios:

- Se realiza una clasificación de los residuos que se pueden encontrar en los vertederos en cuatro posibles orígenes de estos, los cuales son: residencial, hospitalarios, industrial y residuos de origen desconocidos.
- Se relaciona el origen de los vertederos con el volumen de la precipitación anual.

De esta manera, se determinan tres niveles de generación potencial de carga contaminante los cuales son: elevado, moderado y reducido, dependiendo del origen del residuo y la precipitación anual del lugar en que se encuentra ubicado el vertedero.

Una vez establecidos los niveles de carga contaminante de cada uno de los VIRS, se procedió a determinar el peligro potencial generado por cada uno de ellos. Para esto, se relacionaron los niveles de generación de carga obtenidos por cada uno de los VIRS, con la vulnerabilidad a la contaminación del área de estudio de acuerdo a los resultados obtenidos con el método BGR, de la forma en que se demuestra en la figura n° 8 (ver la figura n° 8).

Finalmente, los resultados fueron representados gráficamente en un mapa a escala 1:210000, en el cual se puede observar la ubicación de los VIRS en el área de estudio junto con sus correspondientes niveles de generación de carga contaminante y peligro potencial.

#### V.2.5.1.3 Saneamiento *in situ*

El saneamiento *in situ*, es el tipo de saneamiento en los cuales no se cuenta con la cobertura de alcantarillado. Esto, puede producir contaminación hacia las aguas subterráneas a través de componentes nitrogenados, o contaminantes de tipo microbiológicos, siendo más probable este tipo de episodios en las zonas con alta densidad poblacional y ausencia de sistemas de alcantarillado.

Para determinar los niveles de carga contaminante debido a este sistema de saneamiento en la provincia de Talagante, se ha utilizado el criterio propuesto en el método POSH que considera los siguientes factores:

- Cobertura de la red de alcantarillado, medido en porcentaje de acuerdo a la población cubierta por la red, y
- La densidad de la población medido en hab/ha.

Así, esta metodología define tres niveles de potencial generación de carga contaminante: elevado, moderado y reducido. Un nivel elevado de generación de carga lo constituirían aquellas zonas con un porcentaje de la población cubierta inferior al 25% y una densidad poblacional superior a 100 hab/ha.

Un nivel reducido de generación de carga contaminante sería característico de aquellas zonas con una cobertura de la red superior al 75% de la población, y una densidad poblacional inferior a 50 hab/ha. El nivel moderado de generación de carga sería para aquellas zonas con cobertura de la red y densidad poblacional en niveles intermedios entre lo definido como elevado y reducido.

De esta manera, la información para determinar las áreas de la provincia cubiertas por la red de alcantarillado, se ha extraído desde los planos territoriales operacionales de aguas servidas facilitados por la empresa sanitaria Aguas Andinas S.A, y los datos de cobertura de la red, han sido extraídos desde las estadísticas de cobertura de las empresas sanitarias de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Para determinar los niveles de generación de carga contaminante en el área de estudio, se han definido los porcentajes de cobertura y las densidades de población de las zonas con cobertura de alcantarillado de las cinco comunas que forman la provincia, las cuales han sido denominadas como zonas urbanas. También se han definido los porcentajes de cobertura y las densidades de población de las zonas sin cobertura de alcantarillado en las comunas de la provincia, denominándose estas zonas como zonas rurales.

Una vez definidos los niveles de generación de carga, se ha determinado el peligro potencial para cada área definida a través de la superposición con las áreas de vulnerabilidad obtenidas a través del método BGR.

Las áreas resultantes, se han identificado con una letra y un número estableciéndose para cada una de ellas sus correspondientes niveles de peligro potencial, de acuerdo a lo estipulado en la figura n° 8 (ver la figura n° 8). Esto ha sido representado gráficamente a través de un mapa a escala 1:210000.

#### **V.2.5.1.4 Recintos hospitalarios**

En el método POSH, los recintos hospitalarios no son considerados como posibles fuentes de contaminación hacia las aguas subterráneas. Sin embargo, en el presente trabajo se han incorporado, por ser lugares en donde se manipulan variadas sustancias químicas, y se producen desechos de distinta naturaleza.

De esta manera, la información de los recintos hospitalarios y servicios de salud del área de estudio, fue facilitada por el Gobierno Regional de la Región Metropolitana. La generación de carga contaminante para cada recinto, se realizó considerando los siguientes criterios:

- El tipo de establecimiento, y
- Si el establecimiento cuenta con cobertura de alcantarillado.

De esta manera, se han definido dos niveles de generación de carga: moderado y reducido. El nivel moderado de generación de carga contaminante, se les ha atribuido aquellos recintos correspondientes a hospitales que no cuentan con la cobertura de alcantarillado. Si este tipo de recinto cuenta con alcantarillado, entonces se ha considerado que su nivel de generación de carga es reducido.

Para el caso de los otros recintos de menor jerarquía que los hospitales, independientemente si cuentan o no cuentan con cobertura de alcantarillado, se ha considerado que sus niveles de generación de carga contaminante son reducidos.

Así, el peligro potencial de contaminación se ha determinado relacionando los niveles de generación de carga de cada recinto hospitalario y servicio de salud, con los niveles de vulnerabilidad obtenidos con el método BGR, de las áreas en donde estos recintos se ubican, como se establece en la figura n° 8 (ver la figura n° 8).

Los resultados obtenidos, se han representado gráficamente en un mapa a escala 1:210000, en donde se puede observar el nivel de peligro potencial generado por cada recinto hospitalario y servicio de salud, junto con la información de sus correspondientes niveles de generación de carga contaminante y la vulnerabilidad del área de estudio.

#### **V.2.5.1.5 Cementerios**

Los cementerios pueden llegar a producir episodios de contaminación hacia las aguas subterráneas, siendo este tipo de contaminación de carácter microbiológica. Sin embargo, se considera que el nivel de carga contaminante que podrían llegar a producir es reducido, puesto que no todos los cadáveres son depositados bajo tierra, y además, si se utiliza algún tipo de impermeabilizante o los ataúdes son de materiales resistentes a la corrosión, la carga sería prácticamente nula (Foster *et al* 2002).

La información de los principales cementerios ubicados en el área de estudio fue facilitada por el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA). Una vez establecido los niveles de generación de carga contaminante para cada uno de ellos, se procedió a determinar el nivel de peligro potencial generado.

De esta manera, los niveles de generación de carga se han relacionado con los niveles de vulnerabilidad establecidos según el método BGR, de las áreas en donde se ubica cada cementerio. Esta relación se realizó de acuerdo a lo estipulado en la figura n° 8 (ver la figura n° 8).

Los resultados obtenidos se han representado gráficamente a través de un mapa a escala 1:210000, en donde se puede observar los niveles de peligro potencial generado por cada cementerio, los niveles de carga contaminante y la vulnerabilidad del área de estudio.



### **V.2.5.2** Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación debido a las vías de transporte en la provincia de Talagante

Las vías de transporte, son evaluadas por que a través de ellas se trasladan variados materiales y sustancias, las cuales si son derramados pueden llegar a producir un episodio de contaminación hacia las aguas subterráneas, sin embargo, por no ser generadoras de carga contaminante por si mismas, el método POSH atribuye a las vías por donde se transportan materiales y sustancias peligrosas, un nivel moderado de potencial generación de carga.

De esta manera, la información correspondiente a las vías de transporte del área de estudio, fue facilitada por el Gobierno Regional de la Región Metropolitana, y la determinación de la generación de carga contaminante se realizo considerando el siguiente criterio:

- El tipo y característica de la vía de transporte.

Así, se han definido dos niveles de generación de carga contaminante los cuales son: moderado y reducido. El nivel moderado, se le atribuye a las vías denominadas como autopistas y aquellas que son de dos o más vías pavimentadas.

Lo anterior se explica por que estas vías son de carácter interprovincial e incluso interregional, y a través de ellas circulan un número importante de vehículos de transporte, que trasladan materiales y sustancias desde otras provincias y regiones.

El nivel reducido de generación de carga se les ha atribuido a aquellas vías de transporte de dos o más vías sin pavimentar, las pavimentadas de una vía y las de una vía sin pavimentar. Estas vías son de carácter más local, y por ellas circulan un número menor de vehículos de transporte.

El peligro potencial generado por las vías se ha determinado relacionando a través de la superposición los niveles de generación de carga contaminante y los niveles de vulnerabilidad del área de estudio de acuerdo a los resultados obtenidos a través del método BGR, según lo indicado en la figura n° 8.

Los resultados obtenidos se han representado gráficamente en un mapa ha escala 1:210000, en donde se puede observar las distintas vías de transporte del área de estudio con la información de sus respectivos niveles de generación de carga contaminante, el peligro potencial que generan y la vulnerabilidad.

### **V.2.5.3** Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación de la actividad industrial en la provincia de Talagante

La actividad industrial, puede ser causante de episodios de contaminación hacia las aguas subterráneas, debido a que en sus procesos productivos se utilizan y manipulan materiales y sustancias, las cuales muchas de ellas son altamente contaminantes.

Para el caso del presente trabajo, se han evaluado aquellas industrias que en sus procesos productivos generan residuos líquidos, denominados como residuos industriales líquidos (RIL). La información de las industrias generadoras de riles del área de estudio, fue extraída desde la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

Al determinar los niveles de generación de carga contaminante de las industrias ubicadas en el área de estudio, no se ha establecido una regla general como ha sido el caso de las otras actividades ya evaluadas. Esto se debe, a que la información que se pudo obtener respecto a las industrias consideradas no es homogénea, ya que algunos datos de ciertas industrias no son precisos e incluso no hay registro de ellos.

De esta manera, al determinar los niveles de carga contaminante de las industrias generadoras de riles en el área de estudio, se han considerado los siguientes criterios:

- El índice de generación de carga contaminante de la actividad industrial del método POSH.
- El volumen de descarga de riles (para aquellas industrias en donde se obtuvo el dato).
- El cuerpo receptor de la descarga (para aquellas industrias en donde se obtuvo el dato).

El primer criterio mencionado, es una clasificación de las actividades industriales en tres grupos, a los cuales se les atribuye un nivel de generación de carga contaminante basados en estudios y mediciones realizadas en países desarrollados.

El segundo criterio corresponde al volumen de descarga de riles que es expresado en  $m^3/mes$ , y es un dato preciso para algunas industrias de la provincia. Sin embargo, este dato es considerado como una aproximación de la descarga real actual, puesto que corresponde a la fecha en que fue realizado el catastro del cual se obtuvo la información. Además, en algunos de los casos este dato no se conoce con exactitud, sin embargo, se sabe cual es el volumen de descarga por sobre el cual las industrias son consideradas como generadoras de riles, el cual corresponde a un volumen de descarga igual o superior a los  $300 m^3/mes$ .

Por último, el cuerpo receptor también es un dato el cual es conocido sólo para algunas de las industrias consideradas, y puede corresponder al suelo, a un río o canal, a la red de alcantarillado o una combinación de estas alternativas.

De esta manera, para el presente trabajo se han definido tres niveles de generación de carga contaminante los cuales son: elevado, moderado y reducido. El nivel elevado de generación de carga contaminante ha sido atribuido a aquellas industrias que siendo consideradas como generadoras de un nivel elevado de carga de acuerdo al método POSH, además, utilizan al suelo o a un curso de agua como cuerpo receptor de sus descargas.

También se le atribuye un nivel alto de generación de carga a aquellas industrias que siendo consideradas dentro del grupo de industrias de un nivel de generación de carga reducido de acuerdo al método POSH, poseen un volumen de descarga conocido muy alto, y que además, no se conoce el cuerpo receptor de sus descargas.

El nivel moderado de generación de carga contaminante, ha sido atribuido a aquellas industrias que de acuerdo al método POSH están clasificadas dentro del grupo de industrias que poseen un nivel de generación de carga moderado o reducido, y que además, su volumen de descarga conocido es medianamente alto y sus descargas se realizan al suelo, un curso de agua, o se desconoce el destino.

El nivel reducido de generación de carga contaminante, ha sido atribuido a aquellas industrias consideradas según el método POSH dentro del grupo de industrias con un nivel reducido o moderado de generación de carga, y que además, sus volúmenes de descarga conocidos son medianamente altos, y sus descargas se realizan en la red de alcantarillado.

Una vez establecidos los niveles de generación de carga contaminante, se procedió a determinar el peligro potencial generado por las industrias. Para esto, se han relacionado mediante la superposición los niveles de generación de carga contaminante, con la vulnerabilidad de las áreas en donde se ubica cada una de las industrias de acuerdo a los resultados obtenidos con el método BGR. La relación de ambos factores se realizó de acuerdo a lo estipulado en la figura n° 8 (ver la figura n° 8).

Finalmente, los resultados obtenidos se han expresado gráficamente en un mapa a escala 1:210000, en donde se puede observar el nivel de peligro generado por las industrias consideradas, y la información correspondiente a sus niveles de generación de carga y la vulnerabilidad del área de estudio.

#### **V.2.5.4** Determinación de la generación de carga contaminante y el peligro potencial de contaminación de la actividad agrícola en la provincia de Talagante

Las prácticas agrícolas pueden llegar a producir episodios de contaminación hacia las aguas subterráneas, puesto que influyen en la calidad y el volumen de recarga hacia la napa, y además, algunas prácticas incluyen la utilización de fertilizantes o pesticidas los cuales pueden ser altamente contaminantes.

Al determinar los niveles de carga contaminante, el método POSH propone la definición de dos niveles de generación de carga utilizando como criterio el tipo de cultivo, las técnicas de riego y las características del suelo (ver la tabla n° 8). Sin embargo, en el presente trabajo se ha utilizado la metodología propuesta por Toro (2003) quien definen tres niveles de generación de carga contaminante los cuales son: elevado, moderado y reducido.

Estos niveles de generación de carga han sido definidos de acuerdo a los siguientes criterios:

- El tipo de cultivo, es decir, si se trata de cultivos anuales o permanentes.
- Las técnicas de riego.
- La calidad de las aguas utilizadas para el riego.

De esta manera, para la determinación de la carga contaminante en el área de estudio se ha utilizado la información de los tipos de cultivos del último Censo Nacional Agropecuario, del cual se pudo obtener la información de la superficie utilizada por cada tipo de cultivo en la provincia.

También se ha utilizado la información cartográfica de los usos de suelo en la provincia, información que ha sido representada gráficamente en un mapa a escala 1:210000 con los tipos de cultivos en el área de estudio, información que fue facilitada por el Gobierno Regional de la Región Metropolitana.

Con respecto a las técnicas de riego utilizadas en el área de estudio, se ha recurrido a la información del último Censo Nacional Agropecuario, del cual se pudo obtener la superficie regada a través de las diversas técnicas de riego utilizadas en la provincia. También, se ha utilizado la información de los sectores de riego y calidad del agua para el riego, lo cual fue representado gráficamente en un mapa a escala 1:210000. Esta información fue facilitada por la Dirección General de Aguas.

De esta manera, se ha definido un nivel elevado de generación de carga contaminante para aquellas prácticas agrícolas correspondientes a cultivos anuales con riego gravitatorio o mecánico mayor, con una calidad del agua mala o muy mala. El nivel moderado de generación de carga se le atribuyó a las prácticas agrícolas correspondientes a cultivos anuales o permanentes con riego mecánico y calidad del agua regular. Por último, el nivel reducido se les ha atribuido a aquellas prácticas agrícolas correspondientes a cultivos permanentes, con microriego y calidad del agua regular.

Para determinar los niveles de generación de carga contaminante de las prácticas agrícolas, se han superpuesto los mapas correspondientes a los tipos de cultivos con el mapa correspondiente a la calidad de las aguas y sectores de riego del área de estudio. Por medio de esta superposición de información, se pudo obtener diversas áreas con la información de sus correspondientes tipos de cultivos, técnicas de riego y calidad de las aguas de riego. De esta manera, se pudo determinar el nivel de generación de carga contaminante generada en cada una de estas áreas de acuerdo a los criterios ya definidos.

Una vez determinados los niveles de generación de carga contaminante, se procedió a determinar el peligro potencial generado por la actividad agrícola. Para esto se procedió a superponer la información de los niveles de generación de carga contaminante con los niveles de vulnerabilidad de la provincia obtenidos mediante la aplicación del método BGR.

Los resultados obtenidos fueron representados en un mapa a escala 1:210000, en donde se puede observar las diversas áreas con sus correspondientes niveles de peligro potencial y la información de sus niveles de generación de carga contaminante y vulnerabilidad.

## VI RESULTADOS

### VI.1 Resultados de la caracterización del área de estudio

#### VI.1.1 Características de la población

De acuerdo con los resultados del último censo de población realizado en nuestro país, en la provincia de Talagante habitarían un total de 217449 personas. Considerando que esta provincia tiene una superficie que alcanza los 581 km<sup>2</sup>, el cálculo de su densidad poblacional arroja la cifra de 374.27 hab/km<sup>2</sup> (INE 2003).

Como se puede observar en la siguiente tabla, la población en la provincia se concentra en las zonas urbanas, existiendo una predominancia del género femenino dentro del total de sus habitantes (ver la tabla n° 10).

**Tabla n° 10**

<b>POBLACIÓN URBANA Y RURAL EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
	<b>Total</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
<b>Provincia</b>	217449	107935	109514
P. Urbana	188572	93104	95468
P. Rural	28877	14831	14046

Fuente: INE. 2003. Censo nacional de población y vivienda del año 2002.

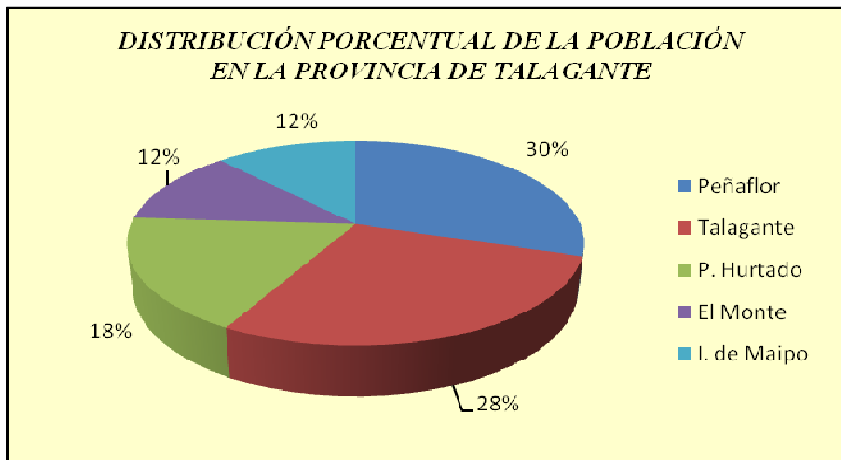
Al interior de la provincia la población se distribuye en forma desigual entre las cinco comunas que la constituyen. De éstas la que presenta el mayor número de habitantes es la comuna de Peñaflor con un total de 66619 personas, cifra que corresponde al 30% de la población total de la provincia. Le siguen las comunas de Talagante con el 28% de la población, Padre Hurtado con el 18%, y por último las comunas El Monte e Isla de Maipo ambas con un 12% de la población total (ver la tabla n° 11 y el gráfico n° 4).

**Tabla n° 11**

<b>DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR COMUNA EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>									
COMUNA	TOTAL			URBANO			RURAL		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
<b>Peñaflor</b>	66619	32671	33948	63209	30940	32269	3410	1731	1679
<b>Talagante</b>	59805	29468	30337	49957	24593	25364	9848	4875	4973
<b>P. Hurtado</b>	38768	19367	19401	34257	16952	17305	4511	2415	2096
<b>El Monte</b>	26459	13334	13125	22284	11164	11120	4175	2170	2005
<b>I. de Maipo</b>	25798	13095	12703	18865	9455	9410	6933	3640	3293

Fuente: INE. 2003. Censo nacional de población y vivienda del año 2002.

Gráfico n° 4



Fuente: INE. 2003. Censo nacional de población y vivienda del año 2002.

Del total de habitantes en la provincia de Talagante sólo 73917 personas corresponden a la población económicamente activa (PEA). Esta última se distribuye desigualmente entre las distintas ramas de la actividad económica. De esta manera, las actividades más importantes en el área de estudio de acuerdo al número de personas que concentran, son aquellas que se encuentran dentro de la categoría D con un 21% de la PEA, le siguen las categorías G con un 19% de la PEA, la categoría A con un 13% y por último la categoría I con un 8% de la PEA (INE 2003).

El resto de las actividades concentran un porcentaje menor al 8%, las cuales agrupadas representan sólo un 10% de la PEA total de la provincia (ver la tabla n° 12).

Tabla n° 12

<i>DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</i>		
Rama de actividad económica	N° de personas	Actividad
A	9341	Agricultura, minería, caza y silvicultura
B	88	Pesca
C	171	Explotación de minas y canteras
D	14696	Industrias manufactureras
E	489	Suministro de electricidad, gas y agua
F	5160	Construcción
G	14390	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos
H	1523	Hoteles y restaurantes
I	6083	Transporte, almacenamiento y comunicaciones

**Tabla 12 (continuación)**

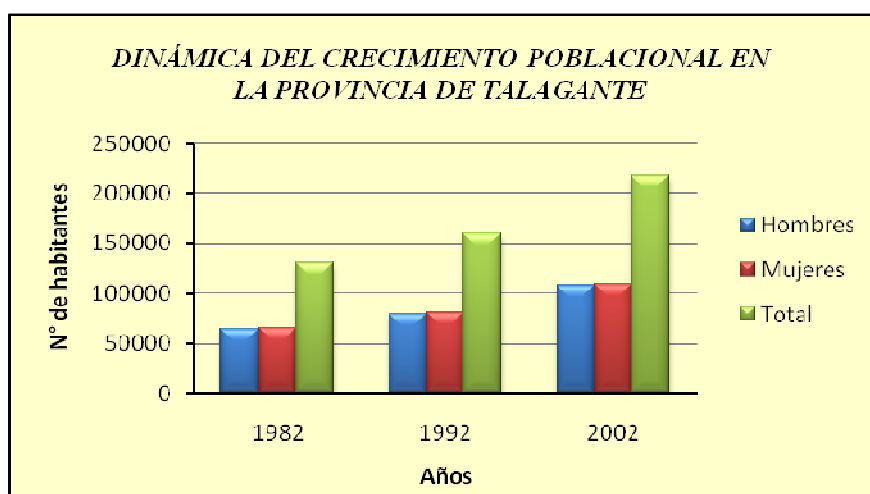
<b>DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>		
<b>Rama de actividad económica</b>	<b>N° de personas</b>	<b>Actividad</b>
<b>J</b>	1076	Intermediación financiera
<b>K</b>	5266	Actividad inmobiliaria empresariales y de alquiler
<b>L</b>	2126	Administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria
<b>M</b>	3917	Enseñanza
<b>N</b>	2197	Actividades de servicios sociales y de salud
<b>O</b>	3160	Otras actividades comunitarias, sociales y personales de tipo servicio
<b>P</b>	4219	Hogares privados con servicio doméstico
<b>Q</b>	15	Organizaciones y órganos extraterritoriales
<b>Ignorado</b>	0	

Fuente: INE. 2003. Censo nacional de población y vivienda del año 2002.

La provincia de Talagante es un área en donde la población que habita en ella ha crecido constantemente a través de los años. Si consideramos las cifras que arrojó el censo de población del año 1982, veríamos que en la provincia habitaban 130279 personas (INE 1983). Diez años más tarde, esta cifra aumentó en un 28%, ya que los resultados del censo realizado en el año 1992, establecieron que la población en la provincia era de 166654 personas (INE 1993).

Con respecto a esta última cifra, debemos decir, que al cabo de diez años la población en el área de estudio presentó un aumento de un 30,5%, ya que el censo realizado el año 2002 arrojó la cifra de 217449 personas. Este aumento de población que ha tenido lugar en el área, se ha realizado sin presentar grandes diferencias entre hombres y mujeres. Ambos sexos han aumentado su número a través de los años manteniendo una diferencia mínima a favor del sexo femenino (ver el gráfico n° 5).

**Gráfico n° 5**



Fuente: INE. 1983, 1993, 2003. Censo nacional de población y vivienda de los años 1982, 1992 y 2002.

### VI.1.2 Características del clima

Las características climáticas en la zona central del país en donde se ubica el área de estudio, corresponden de acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen, a un clima templado cálido con una estación seca prolongada de seis a ocho meses de duración cuyo símbolo es Csb (Comisión Nacional de Riego. 1981). Esta clasificación climática, esta basada en los valores medios anuales y mensuales de las temperaturas y las precipitaciones. De acuerdo a Cuadrat & Pita (1997), las letras que componen el símbolo de tal clasificación tienen el siguiente significado:

- **C** : Corresponde a climas templados y húmedos en donde el mes más frío tiene una temperatura media comprendida entre 18 y  $-3$  °C, y la media del mes más cálido supera los 10 °C.

El grupo anterior se divide, creando un subgrupo denominado con letra minúscula que hace referencia a la distribución estacional de la precipitación.

- **s** : Quiere decir que hay presencia de estación seca en verano.

Con la finalidad de matizar el régimen térmico se hace uso de una tercera letra, que para este caso significa lo siguiente:

- **b** : La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22 °C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses por encima de los 10 °C.

Uno de los rasgos morfológicos que influye en las características climáticas de la región es la Cordillera de la Costa, la cual actúa como una barrera disminuyendo la influencia marítima al interior de la región, lo cual explica en cierto modo las diferencias térmicas que se producen entre la estación de verano y del invierno. Sin embargo, la penetración de masas de aire provenientes del océano a través del valle del río Maipo, aminora el aislamiento de la influencia oceánica en la provincia de Talagante (IGM 1985).

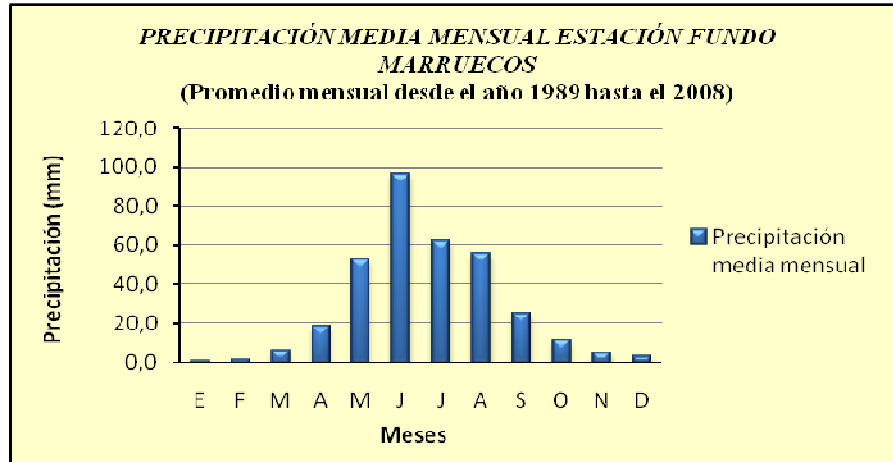
Esta influencia oceánica se puede observar en el comportamiento de las temperaturas, ya que la mínima del mes más frío puede alcanzar a los 5 °C en la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, con un promedio de 3.5 °C para la zona, siendo los registros más altos de las temperaturas mínimas en la cuenca. En cuanto a la temperatura media anual, esta alcanza a los 13 °C en la zona de confluencia de los ríos, siendo esta temperatura generalmente más baja que las temperaturas medias en el resto de la cuenca (IGM 1985).

La influencia oceánica también se puede observar en el comportamiento de las precipitaciones. Estas han alcanzado valores que bordean un promedio de 330 mm/año en un periodo de tiempo de veinte años en la estación Fundo Marruecos. Esta estación se encuentra más afectada por la influencia de la Cordillera de la Costa que actúa como una barrera orográfica, mientras que en la estación El Vergel, la cual se encuentra más influenciada por las masas de aire oceánicas se han registrado valores que alcanzan a los 380 mm/año en promedio durante el mismo lapso de tiempo (ver el anexo n° 2).

Las precipitaciones se concentran en la estación invernal, y en promedio, comienzan en forma significativa a partir del mes de abril alcanzando sus máximos valores en el mes de junio en donde se registra una media mensual de 96 mm/mes en la estación Fundo Marruecos, y 130 mm/mes en la estación El Vergel. Mientras que enero es el mes en donde se registran los valores más bajos en las precipitaciones, alcanzando sólo los 0.2 mm/ mes (ver los gráficos n° 6 y n° 7).

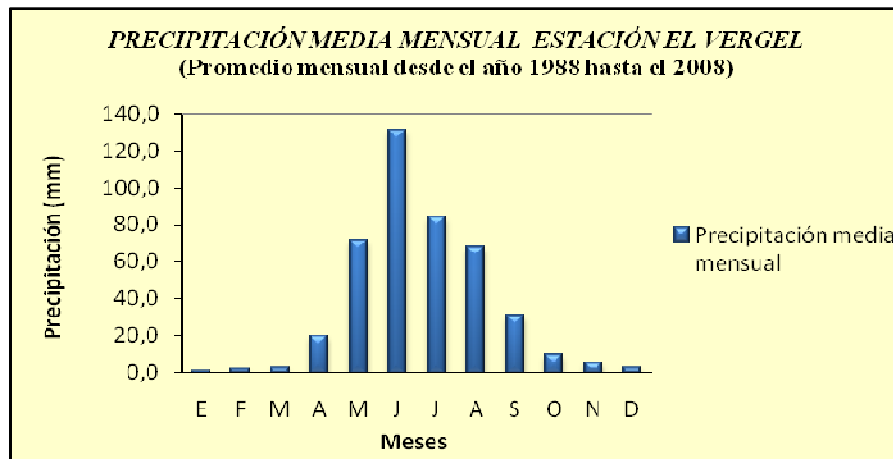


**Gráfico n° 6**



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

**Gráfico n° 7**



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

En cuanto al viento, este refleja la componente regional, es decir, su dirección es en términos generales desde el oeste hacia el este. Sin embargo, en el área de estudio esta dirección se ve afectada por el cauce del río Maipo. De esta manera, se observa una componente de dirección oeste que la determina el cauce del río y que refleja la dinámica del viento que corre del valle a la montaña, potenciada por el sistema mar-continente (IGM 1985).

Otra componente, posee dirección suroeste y es producida por las diferencias de temperaturas que se dan entre el centro de la cuenca del Maipo y la zona correspondiente al área de estudio. En cuanto a la velocidad media que alcanza el viento en la zona es de 2,5 a 3 nudos en la franja próxima al río Maipo, y puede alcanzar los 6 nudos en la zona norte del área.

Por último, debido a los rangos de temperaturas y humedad atmosférica que se presentan a lo largo del año, la evapotranspiración potencial en el área alcanza valores que van desde los 700 a 800 mm/año (ver el mapa n° 2).

MAPA N°2  
EVAPOTRANSPIRACION

### VI.1.3 Características de la geología y la geomorfología

Como ya se ha mencionado anteriormente, el área de estudio se encuentra ubicada en la Región Metropolitana. En esta región, podemos encontrar las tres unidades fisiográficas que caracterizan a la mayor parte del país. Estas unidades corresponden de este a oeste respectivamente, a la Cordillera de los Andes, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa.

El área de estudio, se encuentra en la Depresión Intermedia específicamente en el sector suroeste de la cuenca de Santiago, abarcando la zona distal del cono de deyección regular del río Maipo. Los materiales que forman el cono del Maipo corresponderían a material fluvio-glaciar constituido principalmente por gravas y arenas con porcentajes variables de limo y arcilla.

El cono del Maipo se dataría del Wurm y de acuerdo con Araya-Vergara (1985) el proceso de formación de los conos de deyección de la cuenca, se efectuó a través de distintas fases, siendo más recientes las zonas dístales de los conos que las proximales. Las evidencias que constatarían este hecho se pueden observar en la posición relativa de los conos en su desarrollo horizontal, y en las características estratigráficas en su desarrollo vertical.

De esta manera las zonas correspondientes a las comunas de Padre Hurtado, Peñaflores y Talagante se ubican en el sector del cono denominado como T1B fase de Nos. Este sector del cono es más reciente que el sector denominado como T1A fase de Puente Alto, la cual abarca el sector sur de la provincia de Santiago. Lo anterior se puede constatar observando que en la escarpa de San Bernardo, zona de contacto entre ambos, la fase de Nos se encuentra encajada a la fase de Puente Alto (Araya-Vergara 1994).

A su vez, la fase T1B de Nos es más antigua que la denominada fase T1C de Buin, fase que abarca Buin y sus alrededores. Según Araya-Vergara (1994) *“esto se puede constatar observando que a lo largo de la escarpa de la terraza del cono de la fase de Buin, se encuentra sobreyaciendo al aluvium una corriente de barro con cenizas volcánicas. Esta corriente de barro también se aprecia en la parte sur de la fase de Puente Alto.”*

Además establece que: *“como la corriente de barro no se observa en la zona distal de T1B, quiere decir que esta se produjo cuando T1A aún no era disectado y que drena a la parte suroeste de la depresión hacia donde operaba entonces el drenaje fluvial, produciendo las deyecciones más recientes de la edad T1, es decir, aquellas de la fase de Buin.”*

Finalmente la zona correspondiente a Isla de Maipo es más reciente que T1 puesto que se encuentra encajada tanto en T1B como en T1C en las zonas en que la delimitan, por lo tanto corresponde al postglacial por lo que se denomina en la cartografía como T' fase de Isla de Maipo (ver el mapa n°3).

Por otra parte, dentro de los límites de la provincia de Talagante se abarca una sección de la Cordillera de la Costa. Esta sección, se encuentra dividida por el paso del río Maipo en el sector de El Monte. Al norte del Maipo, la cordillera alcanza altitudes que bordean los novecientos metros y esta formada por la loma El Manzano, Loma Larga, Cordón Mallarauco y la loma Culebreada.

Desde el punto de vista geológico, este sector de la cordillera corresponde mayoritariamente al batolito central y al batolito de la costa (Corvalán & Munizaga 1971; MOP, DGA 2000). El batolito central está formado por granodiorita, tonalita y adamelita, por su parte el batolito de la costa está formado por tonalita, adamelita y granodiorita.

MAPA N° 3  
GEOMORFOLOGÍA

Al sur del Maipo la cordillera alcanza alturas cercanas a los mil novecientos metros y esta formada por la loma Los Bolditos, loma El Divisadero, loma Totorilla, loma Las Ramadas y loma El Almendro.

Desde el punto de vista geológico, esta zona de la cordillera esta constituida por la formación Veta Negra. En ella encontramos rocas volcánicas andesíticas, con intercalaciones de areniscas pardo-rojizas continentales. También encontramos la formación Lo Prado que esta constituida principalmente por rocas volcánicas silícicas, ignimbritas, y lavas brechosas con intercalaciones de areniscas y calizas marinas fosilíferas. Además, encontramos parte de la formación Farellones constituida principalmente por rocas volcánicas andesíticas, y cerca de la base intercalaciones de ignimbritas riolíticas (Corvalan & Munizaga 1971; MOP, DGA 2000).

En el límite este de la provincia de Talagante encontramos el cordón de cerros formados por el cerro Calera, la loma Pan de Azúcar, el cordón Santa Inés, y el cerro de Lonquen. Estos relieves corresponden posiblemente a los puntos más prominentes de una dorsal, que delimita las dos fosas de hundimiento de la cuenca desde Santiago a Talagante. Este cordón de cerros corresponde al Jurásico, y se denomina como la formación Cerro Calera. Entre las rocas que constituyen a esta formación podemos encontrar limolitas, areniscas calcáreas, conglomerados cuarzo feldespático e intercalaciones de tobas (ver el mapa n° 4).

#### VI.1.4 Características de los suelos

Las características climáticas en la zona central entre los 33° y 38° de latitud sur, implican que en esta zona prevalezca el régimen de humedad de los suelos denominado como Xérico, y el régimen de temperaturas denominado como Térmico. De acuerdo a Luzio (1994), estos regímenes de humedad y temperaturas que dominan en los suelos de la zona central presentan las siguientes características:

- **Régimen de humedad de los suelos Xéricos:** Este régimen tipifica a los climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y fríos, y los veranos cálidos y secos. La humedad que se produce en invierno cuando la evapotranspiración potencial esta en el mínimo, es particularmente efectiva para la lixiviación.
- **Régimen de temperatura de los suelos Térmico:** Se caracteriza por presentarse en donde la temperatura media anual del suelo es mayor o igual a 15°C y menor a 22°C, y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5°C a 50 cm de profundidad, o a un contacto lítico o paralítico.

Estas características climáticas, y aquellas que adoptan los otros factores que participan en la formación de los suelos en el área de estudio, han favorecido el desarrollo de suelos del orden Mollisol. Este orden de suelo abarca prácticamente toda la provincia de Talagante, sólo al norte de la ciudad de Peñaflor en la comuna de Padre Hurtado y también en las rinconadas en la comuna de El Monte, se pueden observar suelos del orden Inceptisol.

Además, alrededor de la ciudad de Padre Hurtado se encuentran suelos del orden Vertisol, y en las rinconadas de Peñaflor suelos del orden Alfisol. Sin embargo, estos dos últimos órdenes son de poca importancia desde el punto de vista de su distribución geográfica en el área de estudio (Comisión Nacional de Riego 1981).

De acuerdo a Luzio (1994), las características de los órdenes de los suelos presentes en la provincia de Talagante, son las siguientes:

MAPA N° 4  
GEOLOGÍA

- **Orden de suelo Mollisol:** Son suelos profundos con un horizonte superficial negro, rico en materia orgánica, y que se han formado en condiciones de estepa o de pradera. Son suelos fértiles que con adecuado manejo pueden producir rendimientos muy elevados.
- **Orden de suelo Inceptisol:** Son suelos con un horizonte B bien definido; incluso pueden tener un horizonte superficial negro con alto contenido de materia orgánica.
- **Orden de suelo Vertisol:** Corresponde a un grupo de suelos muy homogéneo con alto contenido de arcilla, más de 30%, de la cual la mayor parte debe ser del tipo expandible. Por esta razón, los suelos cuando se secan muestran anchas y profundas grietas que se cierran cuando el suelo se humedece adecuadamente.
- **Orden de suelos Alfisol:** Son suelos cuya característica esencial es poseer un horizonte B fuertemente expresado por un incremento de arcilla en relación con el horizonte A. Son suelos que adecuadamente manejados, pueden llegar a ser muy productivos ya que presentan un buen nivel de elementos nutrientes (ver el mapa n° 5).

Como ya se ha dicho, los suelos en la zona central del país se presentan en general bien desarrollados, es decir, se observa en ellos la formación de horizontes y buena profundidad efectiva. De esta manera, en la provincia de Talagante podemos observar que los suelos que la abarcan casi en su totalidad son moderadamente profundos y ligeramente profundos (Comisión Nacional de Riego 1981).

Los suelos ligeramente profundos, se pueden observar mayoritariamente en la rinconada de la comuna de Padre Hurtado, en la comuna de Peñaflor, al este y suroeste de la ciudad de Talagante y en Isla de Maipo. En el resto del área de estudio se podría decir que son moderadamente profundos, con la excepción que se da en la comuna de El Monte y en los alrededores de la ciudad de Padre Hurtado, en donde se presentan profundos.

De acuerdo a la clasificación basada en el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América, los suelos en la provincia de Talagante presentan texturas muy finas, moderadamente finas, textura medía y moderadamente gruesa (Comisión Nacional de Riego 1981).

Dentro de la categoría de texturas muy finas se encuentran los suelos arcillosos, en la categoría moderadamente fina se encuentran aquellos suelos de texturas franca arcillosa limosa, franca arcillosas y franca arcillosa arenosa. En la categoría de textura media se encontrarían aquellos suelos limosos, franco limosos, francos y franco arenosos muy finos, y por último en la categoría moderadamente gruesa se encontrarían aquellos suelos de textura franco arenosa fina y franco arenosa.

Cada una de estas categorías se encuentra presente en el área de estudio con distintos niveles de representatividad espacial. De esta manera se pueden observar texturas muy finas en los alrededores de la ciudad de Padre Hurtado, sin embargo, este tipo textural no es importante desde el punto de vista de su distribución geográfica en comparación con las otras texturas que se presentan en el área. Los suelos de textura moderadamente fina se presentan en la rinconada de Padre Hurtado, al sureste de la ciudad de Talagante y abarcan casi la totalidad de la comuna de El Monte.

Por su parte los suelos de texturas moderadamente gruesas se pueden observar al sur de la ciudad de Peñaflor, al este de la ciudad de Talagante, y en los alrededores de Isla de Maipo. El resto del área de estudio presenta suelos de texturas medias (ver el mapa n° 6).

MAPA N° 5  
ORDENES DE LOS SUELOS



MAPA N°6  
TEXTURA DE LOS SUELOS

De acuerdo a la adaptabilidad relativa de los suelos a los cultivos, y a las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos, podemos decir, que en la provincia de Talagante se presentan suelos de clase I, clase II, clase III y IV. Las características de las clases de suelos que se encuentran en el área de estudio son las siguientes:

- **Suelos de clase I:** Los suelos de clase I tienen muy pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad es buena. Los rendimientos que se obtienen utilizándose prácticas convenientes de cultivo y manejo son altos.
- **Suelos de clase II:** Estos suelos presentan limitaciones que reducen la elección de los cultivos, o requieren moderadas prácticas de conservación. Corresponden a suelos planos con ligeras pendientes. Son suelos profundos a moderadamente profundos, de buena permeabilidad y drenaje, presentan texturas que pueden variar a extremos más arcillosos o arenosos que aquellos de la clase I. Las limitaciones más corrientes son:
  - Pendientes suaves y microrelieve poco acentuado.
  - Profundidad menor que un suelo clase I.
  - Estructura y textura desfavorable.
  - Ligera humedad corregible por drenaje.
- **Suelos de clase III:** Estos suelos presentan moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada que dificultan severamente el regadío; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida. Las limitaciones más corrientes para esta clase se refieren a:
  - Topografía moderadamente ondulada.
  - Profundidad del suelo.
  - Estructura y textura desfavorable.
  - Humedad que limita el desarrollo radicular.
- **Suelos de clase IV:** Los suelos de clase IV presentan limitaciones de uso y restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren cuidadosas prácticas de manejo y de conservación, más difíciles de aplicar y mantener que en aquellos suelos de la clase III. Las limitaciones más usuales para esta clase se refieren a:
  - Suelos muy delgados.
  - Topografía moderadamente ondulada y disectada.
  - Baja capacidad de retención de agua.
  - Drenaje muy pobre.

Los mejores suelos desde el punto de vista productivo son aquellos de la clase I, estos en el área de estudio se encuentran al este de la ciudad de Peñaflores, sin embargo esta clase de suelo tiene escasa representatividad en el área. También podemos encontrar suelos de clase II, estos se encuentran mayoritariamente en la comuna de Padre Hurtado, en la rinconada de Peñaflores, en Talagante y también en la comuna de Isla de Maipo en el sector de San Antonio de Naltagua y San Vicente de Naltagua.

La clase de suelo más importante desde el punto de vista de su extensión en el área es la clase III, puesto que se extiende por la Provincia superando en extensión a los suelos de las otras clases. Además también encontramos suelos de clase IV, estos se pueden observar en la zona de Isla de Maipo, en el sector de Padre Hurtado y en Peñaflores (ver el mapa n°7).

**MAPA N°7  
CLASES DE SUELOS**

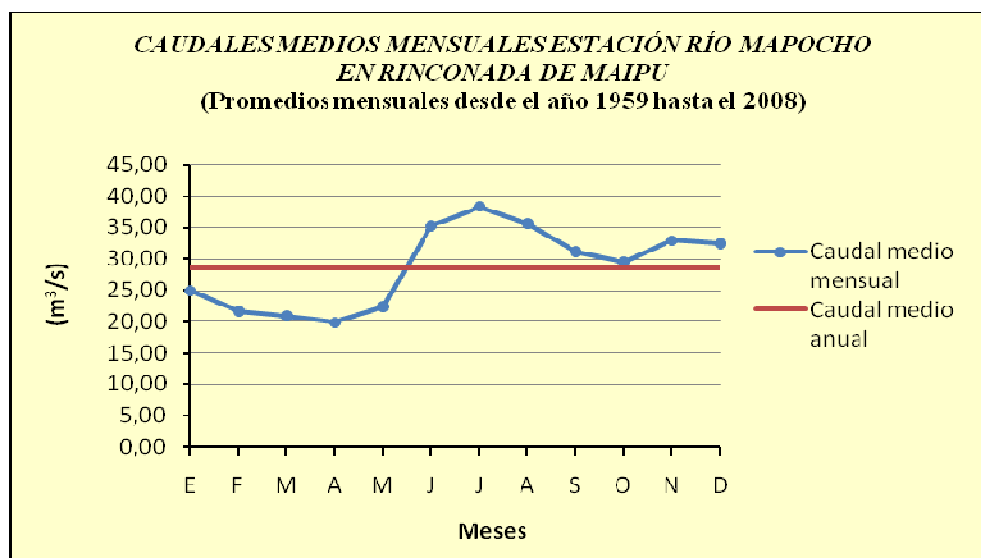
### VI.1.5 Características hidrológicas del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del río Maipo. Esta cuenca abarca en su extensión 15380 km<sup>2</sup> y es de carácter exorreica, sus cabeceras se desarrollan en la Cordillera de los Andes en alturas que superan los 6000 mt de altitud en donde las aguas comienzan a ser canalizadas, para desaguarlas en el océano Pacífico a través del río Maipo.

De esta manera, el área de estudio se encuentra ubicada en la cuenca del Maipo intermedia en donde los principales cursos de agua son: el río Mapocho y el río Maipo. El río Mapocho presenta los mayores caudales durante la estación invernal, alcanzando su máximo en el mes de julio. Esto se puede observar en las cercanías de la Rinconada de Maipú en la zona norte del área de estudio, en donde su caudal supera los 38 m<sup>3</sup>/seg en promedio. Posteriormente, vuelve a tener un aumento en el caudal al comienzo de la época estival durante los meses de noviembre y diciembre, alcanzando los 32 m<sup>3</sup>/seg. Los volúmenes más bajos se dan entre los meses de febrero y abril, en donde el río no supera los 22 m<sup>3</sup>/seg.

El aumento del caudal durante el periodo invernal, es producto de las precipitaciones que se concentran durante esta época del año. Estas precipitaciones son la principal fuente de alimentación del Mapocho y sus tributarios. Además de esto, el río se alimenta de las aguas provenientes del derretimiento de la nieve acumulada y de algunos glaciares ubicados en las cabeceras de su cuenca en la Cordillera de los Andes. Esto explica el aumento en su caudal al principio del periodo estival, que sin embargo, es de menor importancia en cuanto al volumen que el aumento producido en invierno. De esta manera, el régimen de alimentación del río Mapocho es pluvio-nival, y su caudal medio anual alcanza los 28.56 m<sup>3</sup>/seg (ver el gráfico n° 8, y el anexo n° 3).

Gráfico n° 8



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

En el área de estudio, las aguas del Mapocho son utilizadas para el riego. De esta manera, a través de diversos canales, el río riega la zona correspondiente a la comuna del Monte, parte de la comuna de Talagante, y la zona oeste de la comuna de Peñaflores y Padre Hurtado (MOP, DGA 2000).

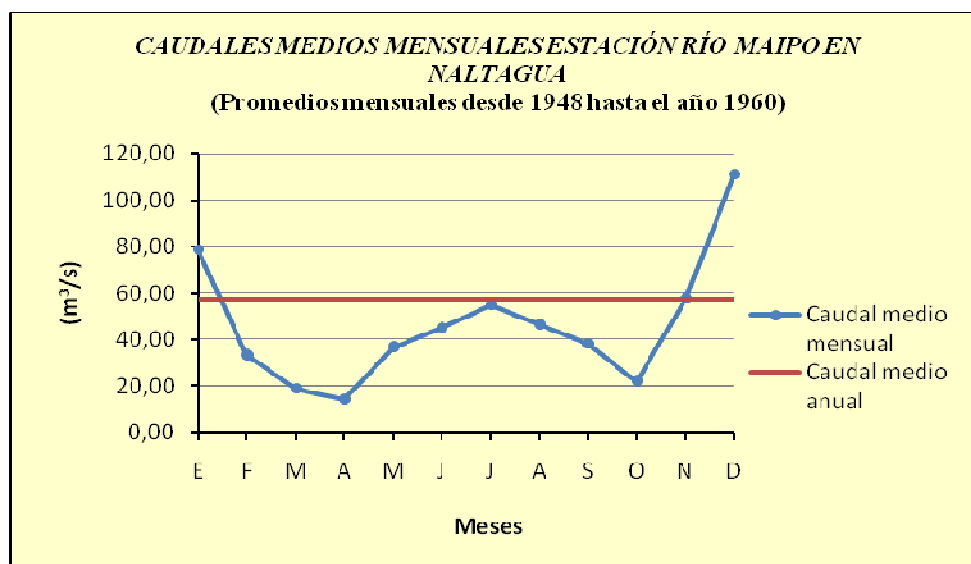
Por su parte, el río Maipo cruza desde el este hacia el oeste en la zona sur del área de estudio. A diferencia del Mapocho, los caudales máximos en el Maipo se presentan en la época estival, siendo el mes de diciembre en donde alcanza su mayor caudal. Una referencia de esto se puede observar en las cercanías de San Vicente de Naltagua, en donde según los datos registrados hasta la década del 60, el Maipo alcanzaba un volumen que superaba los 100m<sup>3</sup>/seg como promedio.

Otro aumento en su caudal se observa en la época invernal, en donde el máximo se da en el mes de julio. De acuerdo a los datos registrados hasta entonces, el Maipo en la zona alcanzaba un promedio que superaba los 55 m<sup>3</sup>/seg. Mientras que los valores mínimos se producían en los meses de marzo y abril en donde los volúmenes no superaban los 20 m<sup>3</sup>/seg. En la actualidad, el río Maipo mantiene su régimen fluvial alcanzando un caudal medio anual que fluctúa entre los 55 y 60 m<sup>3</sup>/seg (MOP, DGA 2000).

El Maipo posee una cuenca de gran extensión, y las cabeceras de sus tributarios alto andinos se encuentran a una altitud que en muchos casos superan los 4000 msnm en la Cordillera de Los Andes, por tal motivo algunas de sus cuencas tributarias en la cordillera son de alimentación nival y glacial. Esto explica el aumento en el caudal en la época primaveral.

El aumento del caudal en el periodo invernal, es producto de las precipitaciones, y del derretimiento de la nieve. Sin embargo, el aporte de las precipitaciones invernales es de menor importancia en cuanto al volumen que el aporte de agua que produce el derretimiento de la nieve en verano. De esta manera, el régimen de alimentación del Maipo es nivo-pluvial, y su módulo anual en el área de estudio bordea los 55 m<sup>3</sup>/seg (ver el gráfico n° 9 y el anexo n° 3).

**Gráfico n° 9**



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

En la provincia las aguas del Maipo al igual que las del Mapocho, son utilizadas para el riego. Así, a través de diversos canales el Maipo riega la comuna de Isla de Maipo, y parte de la comuna de Talagante, Peñaflor y Padre Hurtado. Además, existen quebradas intermitentes en las laderas de los cerros que forman parte de la Cordillera de la Costa las cuales drenan hacia el área durante las precipitaciones. Además, se puede observar una infraestructura de riego compuesta por canales que cubre toda el área de estudio (ver el mapa n° 8).

**MAPA N° 8  
HIDROGRAFÍA**

### VI.1.6 Características de la vegetación

La provincia de Talagante, se encuentra ubicada dentro de un área extensa de ecosistemas de carácter templado mesomórfico. Fitogeográficamente esta área se califica también como de tipo mediterráneo, por presentar gran parte de sus componentes vegetales de precordillera características semejantes a la vegetación europea, es decir, se trata de arbustos de tipo espinoso o de hojas coriáceas cubiertas de gruesas cutículas cerosas para reducir la transpiración (IGM 1983).

Bioclimáticamente esta región se caracteriza por un paulatino aumento de las lluvias, en comparación con las regiones del norte del país. Sin embargo, se da un periodo largo de sequedad estival acompañado de un aumento de las temperaturas, de esta manera, el periodo de sequedad biológica dura alrededor de 6 a 8 meses. Así, muchas especies entran en actividad biológica a fines del invierno o a comienzos de la primavera aprovechando la mayor humedad, cayendo en receso vegetativo durante los meses secos del verano (IGM 1983).

Una de las formaciones vegetacionales más importantes de esta región es la estepa de *Acacia cavenia*. Esta formación vegetacional es la que predomina en el área de estudio mezclándose con los representantes de las agrupaciones de plantas que se encuentran en las asociaciones vecinas, perdiendo así su carácter específico. Esta estepa se presenta como una maraña más o menos abierta de árboles y arbustos espinudos, con una cubierta herbácea rica en plantas anuales (Comisión Nacional de Riego 1981).

En esta estepa la especie arborescente predominante es el espino (*Acacia cavenia*) asociado con otros arbustos tales como: el huañil (*Proustia pungens*), el trebu (*Trevoa trinervis*), el yaquil (*Colletia spinosa*), el quillay (*Quillaja saponaria*), el maitén (*Maytenus boaria*), el molle (*Schinus molle*), el palqui (*Cestrum parqui*), el boldo (*Boldea boldus*), el colihuai (*Colliguaya odorifera*), el guayacán (*Porlieria chilensis*), el litre (*Lithraea caustica*), el mitriu (*Podanthus mitiqui*) el talhuen (*Talguenea quinquinervia*). En sectores húmedos el sauce chileno (*Salix chilensis*), y en los sectores áridos, los quiscos (*Cereus chilensis*) (Comisión Nacional de Riego 1981).

También podemos encontrar vegetación herbácea la cual se encuentra compuesta por: la centella (*Anemone decapetala*), el culle colorado (*Oxalis rosea*), la flor de mayo (*Oxalis lobata*), el vinagrillo (*Oxalis micrantha*), el almizcle (*Moscharia pinnatifida*), el geranio (*Geranium robertianum*), la lengua de gato (*Galium aparine*), la cebolleta (*Scilla chloroleuca*), el huilmo (*Sisyrinchium pedunculatum*), la flor del soldado (*Alonsoa incisifolia*), la flor del queltehue (*Pasithea coerulea*), y la topa topa (*Calceolaria ascendens*) (Comisión Nacional de Riego 1981).

Esta variedad de especies, se pueden observar en las quebradas y vertientes de los sectores precordilleranos andinos, y en la Cordillera de la Costa. En la depresión Intermedia, la estepa se desarrolla en algunos lugares pero no se observa de manera continua. Lo anterior se debe a que en esta región bioclimática se concentra el mayor número de habitantes del país. Esto ha producido una gran alteración de la vegetación natural en esta zona, siendo reemplazada por especies introducidas artificialmente y por el desarrollo de cultivos agrícolas.

El área de estudio no es la excepción a la regla, y la vegetación natural se desarrolla en las vertientes y quebradas de la Cordillera de la Costa. La vegetación en el área se desarrolla en forma de matorral con suculentas y matorral con algunas especies arbóreas, siendo el resto de la provincia utilizada para el desarrollo de cultivos agrícolas (ver el mapa n° 9).

**MAPA N°9  
VEGETACION**



## VI.1.7 Características de la hidrogeología

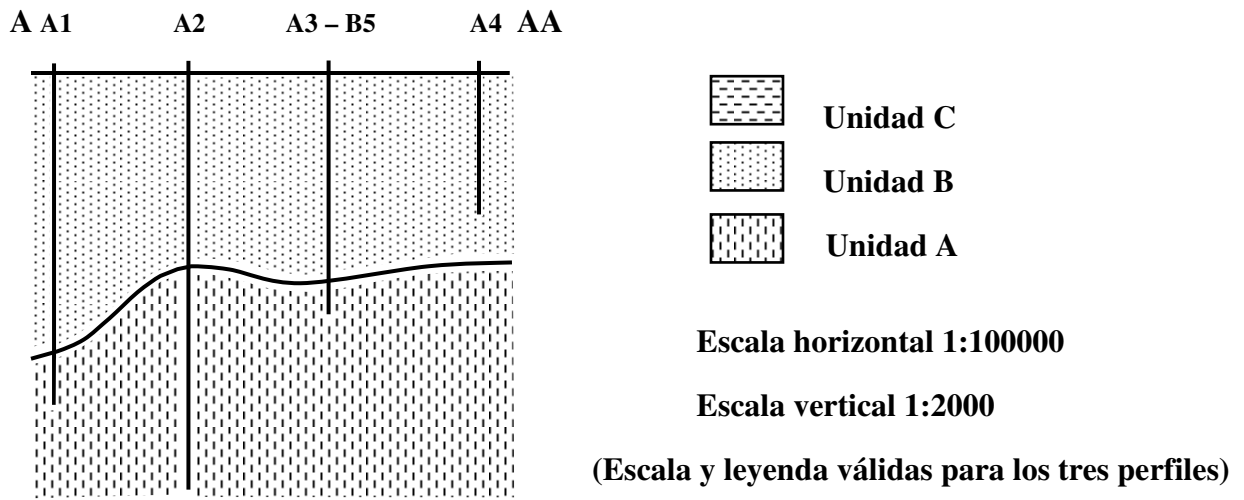
### VI.1.7.1 Estratigrafía

Como ya se ha mencionado anteriormente, el relleno de la Depresión Intermedia esta constituido en gran parte por el material sedimentario proveniente desde la Cordillera de los Andes. Es en este material en donde se constituye el principal acuífero de la región, el cual se encuentra formado con materiales de distinta naturaleza química y granulométrica.

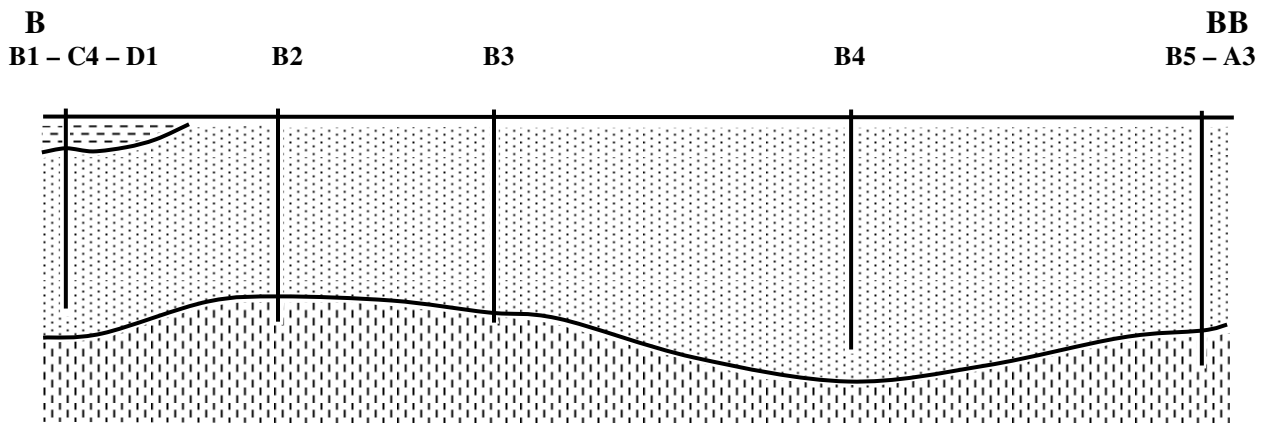
A través de un estudio realizado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, DGA 2000), se analizaron las características estratigráficas de diversos sondajes existentes en la cuenca, y se definieron tres unidades estratigráficas en el sector que abarca el área de estudio. Estas unidades, definidas desde la base de la secuencia hacia la superficie se han denominado como unidad A, unidad B y unidad C respectivamente, y poseen las siguientes características:

- **Unidad A:** Esta unidad se ubica en la base de la secuencia estratigráfica, y presenta una fina granulometría que en algunos sectores es heterogénea pero que exhibe proporciones elevadas de arcillas. Su fracción clástica mayor esta formada por arenas medias a finas, y la matriz se caracteriza por ser muy abundante y estar constituida preferentemente por arcillas. Se presenta sobreyaciendo a la roca basal e infrayaciendo a los sedimentos que constituyen la unidad B. Este conjunto de sedimentos es posible que correspondan prioritariamente a antiguos depósitos tipo corrientes de barro y aportes laterales provenientes de los altos topográficos. El alto contenido de material fino, la transforman en una unidad de carácter impermeable. En función de estos sedimentos se estima para esta unidad una permeabilidad media variable entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$  m/s.
- **Unidad B:** Esta unidad sobreyace a la unidad A, y se encuentra constituida por sedimentos de granulometría gruesa y medía, conformada por una fracción clástica mayor de gravas, arenas gruesas, ripios subordinados y una matriz de arena media a fina con escasas proporciones de limos y arcillas. Se estima para esta unidad una permeabilidad media variable de entre  $10^{-2}$  y  $10^{-4}$  m/s.
- **Unidad C:** Esta unidad sobreyace a la unidad B, quedando ubicada en el tramo superior de la secuencia estratigráfica. Esta constituida por una fracción clástica mayor de arenas gruesas y medias, con gravas ocasionales, y una matriz abundante de arenas finas con altos porcentajes de arcillas. Por su alto contenido de material fino y su discontinuidad en el área, no constituye un medio propicio para anidar acuíferos. Se estima para esta unidad una permeabilidad media entre  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  m/s (ver las figuras n° 9, n° 10, n° 11, n° 12 y n° 13, y el mapa n° 10).

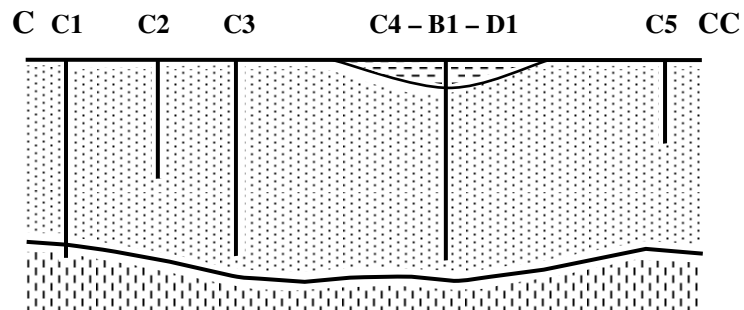
**Figura n° 9**  
**Perfil estratigráfico A – AA**



**Figura n° 10**  
**Perfil estratigráfico B – BB**



**Figura n° 11**  
**Perfil estratigráfico C – CC**



Fuente: MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.

Figura n° 12  
Perfil estratigráfico D - DD

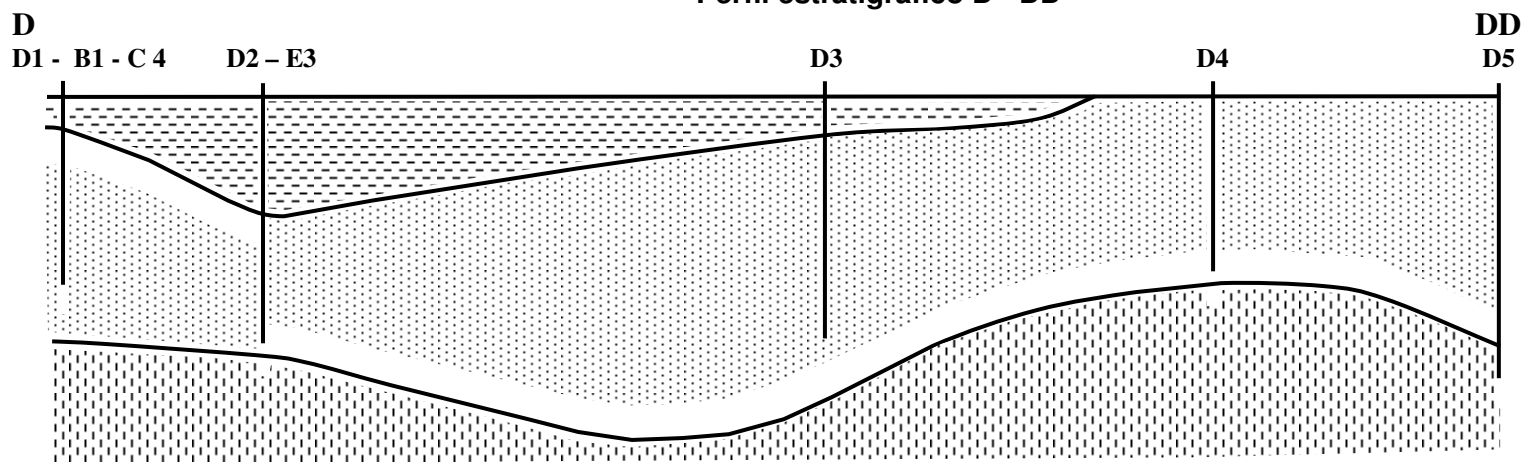
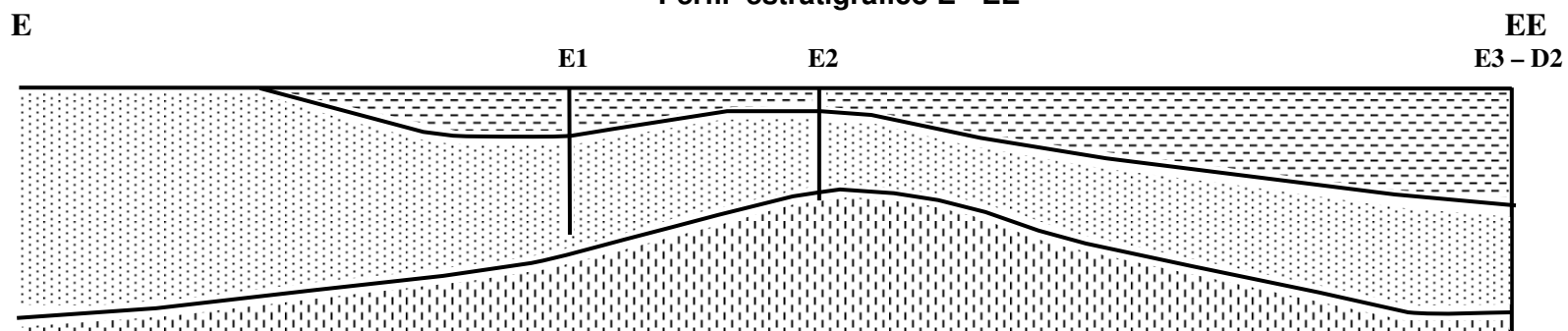





Figura n° 13  
Perfil estratigráfico E - EE



-  Unidad C
-  Unidad B
-  Unidad A

Escala horizontal 1:100000

Escala vertical 1: 2000

(Escala y leyenda válidas para ambos perfiles)

Fuente: MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.

MAPA N° 10  
PERFILES ESTRATIGRAFICOS

### VI.1.7.2 Profundidad del agua subterránea

En el área de estudio, se pueden observar variaciones espaciales y temporales en la profundidad del agua subterránea. Así en términos generales, a través de un estudio realizado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, DGA 2000), se pudo determinar que en el área la profundidad del agua disminuye paulatinamente desde el este hacia el oeste.

De esta manera, en la zona noreste del área el agua se encuentra a una profundidad que supera los 20 metros. Estos niveles comienzan a disminuir hacia el oeste, hasta alcanzar los 4 metros de profundidad en la ribera del río Mapocho. Desde la ribera del río hacia el oeste, la profundidad del agua comienza aumentar hasta superar los 10 metros en las rinconadas formadas por los cordones de cerros de la Cordillera de la Costa.

En la zona oeste del área de estudio, aguas abajo de la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, es donde el agua se presenta más superficialmente. Aquí, la profundidad del agua fluctúa entre los 0 a 2 metros en la ribera del río Maipo, aumentando hacia las rinconadas existentes al sur y al norte del río en donde se superan los 6 metros.

En la zona sur del área de estudio en los alrededores de Isla de Maipo, el agua se presenta a una profundidad que supera los 20 metros, haciéndose más superficial hacia el oeste hasta alcanzar los 2 metros de profundidad a lo largo de la ribera del río Maipo (ver el mapa n° 11).

Desde el punto de vista temporal, podemos decir que en el área de estudio el agua ha presentado fluctuaciones en sus niveles de profundidad a lo largo de los años. De esta manera se puede observar que en diferentes zonas del área de estudio, las tendencias de los niveles de profundidad de las aguas presentan distintos comportamientos entre sí.

Lo anterior, se puede observar en los valores que registran los niveles estáticos de pozos ubicados en diferentes zonas de la provincia. Es así, que en la zona norte del área de estudio, los pozos Fundo San Alberto Marruecos y Chacra Andalucía presentan un comportamiento similar con una tendencia al aumento en la profundidad en los valores máximos de sus niveles estáticos.

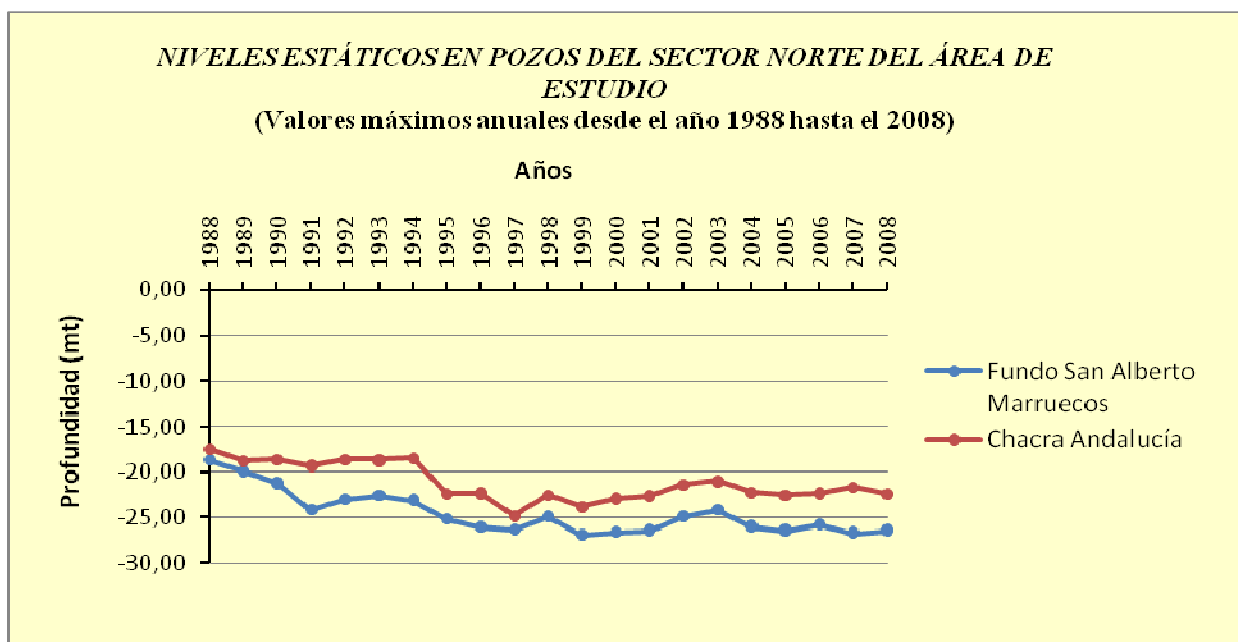
En ambos pozos, los valores máximos registrados en sus niveles estáticos en el año 1988 fluctuaban entre los 18 y 17 mt de profundidad respectivamente. En el pozo Chacra Andalucía, el nivel de profundidad se mantuvo estable hasta 1994, mientras que en el pozo Fundo San Alberto Marruecos la tendencia fue el aumento de la profundidad superando los 22 mt en el mismo lapso de tiempo.

A partir de entonces y hasta el año 1997, se produce en ambos pozos un aumento en la profundidad de las aguas, llegando a los 25 mt en el pozo Chacra Andalucía, mientras que en el pozo Fundo San Alberto Marruecos se supera los 26 mt de profundidad. Desde 1997 hasta el año 2003 se produce una recuperación de los niveles en ambos pozos llegando a los 21 mt y 24 mt de profundidad respectivamente.

Finalmente desde el año 2003 hasta el 2008, los valores registrados muestran al principio de este periodo una tendencia hacia el aumento en la profundidad, para pasar posteriormente a una leve recuperación llegando a registrarse un nivel de 22 mt para el pozo Chacra Andalucía y 26 mt de profundidad para el pozo Fundo San Alberto Marruecos (ver el gráfico n° 10, y el anexo n° 4).

MAPA n° 11  
PROFUNDIDAD DEL AGUA

**Gráfico n° 10**



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

En la zona oeste del área de estudio, los valores máximos registrados de los niveles estáticos de los pozos analizados presentan comportamientos diferentes entre si a lo largo de los años. De esta manera, se puede observar que en el caso del pozo Parcela 7 Chiñigüe, el nivel de las aguas tiende a mantenerse constante a una profundidad que fluctúa entre los 2 y 3 mt hasta el año 1996.

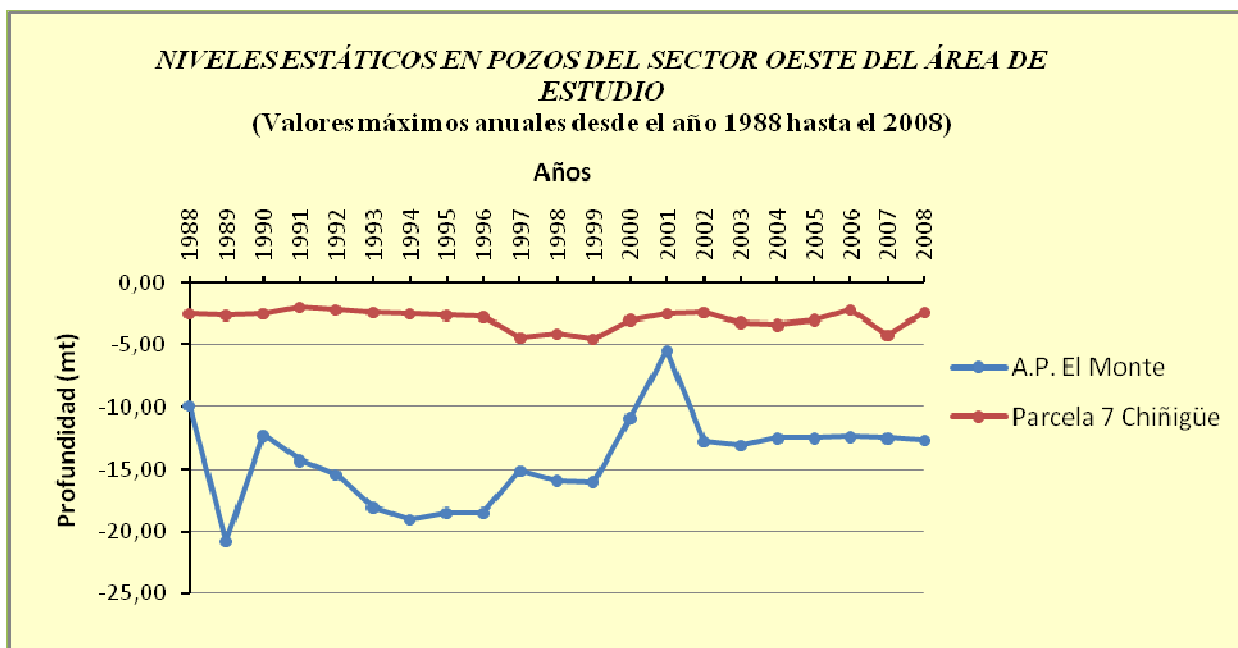
A partir de este año, la profundidad aumenta levemente para mantenerse en un valor cercano a los 4 mt hasta el año 1999. Posteriormente, se observa una recuperación del nivel inicial manteniendo una variación del nivel constante entre los 2 y 4 mt de profundidad hasta el año 2008.

El otro pozo correspondiente a este sector denominado como A.P. El Monte, presenta durante el mismo lapso de tiempo, constantes variaciones en sus niveles estáticos, además, el nivel del agua en este pozo se encuentra a una mayor profundidad en comparación con el pozo parcela 7 Chiñigüe.

De esta manera se puede observar, que en este pozo en el año 1988, se registró un nivel muy cercano a los 10 mt de profundidad, el cual comienza a aumentar paulatinamente hasta llegar a los 19 mt en el año 1994.

A partir de este último año, se observa una recuperación en el nivel de las aguas llegando hasta una profundidad cercana a los 13 mt en el año 2002. Posteriormente, el nivel del agua tiende a mantenerse constante en una profundidad cercana a los 13 mt hasta el año 2008 (ver el gráfico n° 11, y el anexo n° 4).

Gráfico n° 11



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

Finalmente, en los niveles de los pozos de la zona sur del área de estudio, se puede observar un comportamiento similar a los niveles registrados en los pozos de la zona oeste. Dándose también en ellos diferencias en el comportamiento de sus niveles estáticos.

Es así como en el pozo denominado Viña Santa Inés, el nivel de profundidad registrado en el año 1988 correspondía a los 1.6 mt. Este nivel aumenta paulatinamente hasta llegar a un valor que supera levemente los 5 mt de profundidad en el año 1994. A partir de este año, el nivel del agua comienza levemente a recuperarse en forma constante hasta el año 2006. Posteriormente se observa un aumento en la profundidad para finalmente registrar un valor de 3.5 mt en el año 2008.

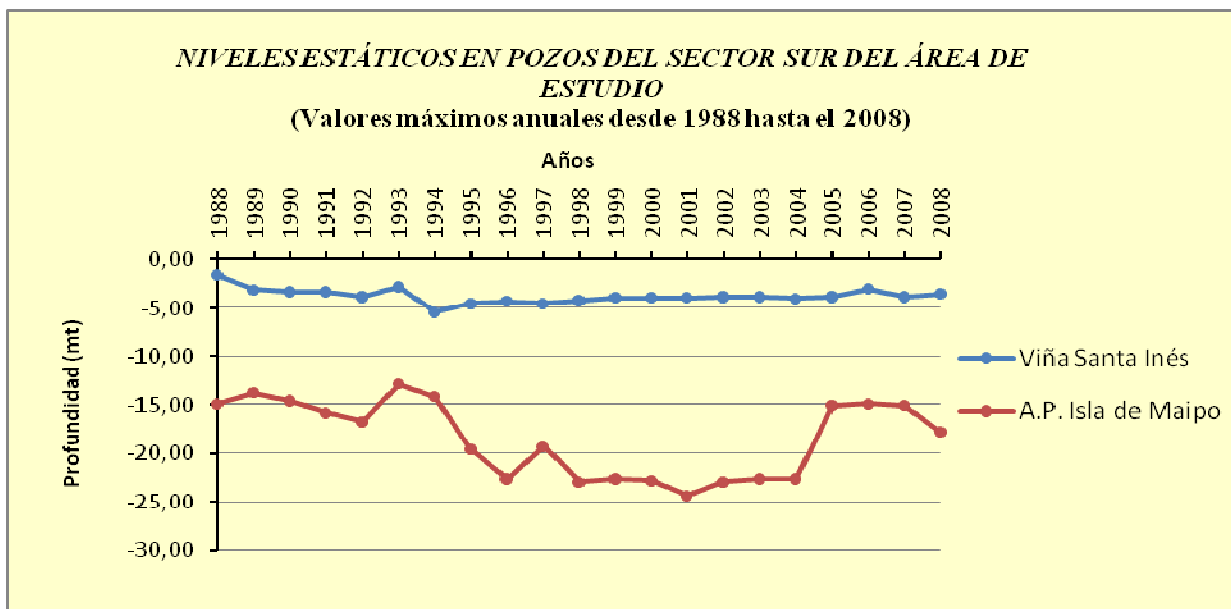
El otro pozo analizado en este sector corresponde al pozo denominado como A.P. Isla de Maipo. Este a diferencia del pozo anterior presenta importantes variaciones en sus niveles durante el mismo lapso de tiempo. Es así como se puede observar que en el año 1988, el pozo registraba una profundidad de las aguas correspondiente a los 14.9 mt.

A partir de este año, los niveles registrados aumentan hasta llegar a una profundidad cercana a los 17 mt en el año 1992. En el año siguiente, el nivel del agua se recupera hasta alcanzar una profundidad cercana a los 14 mt, para posteriormente aumentar hasta superar los 22 mt en el año 1996.

A partir de 1996, el nivel del agua continúa aumentando hasta alcanzar en el año 2001 los 24 mt de profundidad. Posteriormente comienza a recuperarse paulatinamente y llega a los 15 mt en el año 2005. Este nivel tiende a mantenerse constante hasta el año 2007, para finalmente registrar un valor cercano a los 18 mt en el año 2008 (ver el gráfico n° 12 y el anexo n° 4).



Gráfico n° 12



Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

### VI.1.7.3 Dirección del flujo de agua subterránea

A través de la determinación de las equipotenciales en la región, realizada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, DGA 2000), se pudo determinar las direcciones que adopta el flujo de agua subterránea en su recorrido a través del área de estudio.

De esta manera se puede observar que en la zona norte del área, el agua subterránea se presenta a 430 msnm. Esta potencialidad que presenta el agua va disminuyendo hacia la zona suroeste de la provincia, hasta alcanzar en la zona de confluencia de los ríos Maipo y Mapocho una altitud de 250 msnm.

Por lo tanto, una de las direcciones que adopta el flujo de agua subterránea en el área de estudio, es similar a la dirección que sigue el curso del río Mapocho, es decir, va desde la zona norte de la provincia hacia la zona sur oeste, hasta la confluencia de los ríos.

Desde esta zona hacia el límite oeste del área de estudio las equipotenciales siguen disminuyendo hasta alcanzar una altitud de 230 msnm, lo cual indica, que el flujo de agua, desde la zona de confluencia sigue en dirección oeste siguiendo el curso del río Maipo.

Otro flujo de agua que se observa, es aquel correspondiente a la zona sur del área de estudio. En esta zona se observa que en el límite sureste del área, las equipotenciales van desde los 390 msnm disminuyendo su potencialidad en la misma dirección que sigue el río Maipo en esta zona. Por lo tanto en la zona sur del área de estudio la dirección del flujo de agua subterránea sigue el curso del río Maipo hasta la confluencia con el río Mapocho (ver el mapa n° 12).

MAPA N° 12  
DIRECCION DEL FLUJO

## VI.2 Resultados de la aplicación del método BGR para la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio

### VI.2.1 Determinación de la capacidad de campo efectiva (puntaje S)

Las características físico-químicas específicas de las series de suelo presentes en el área de estudio, y el cálculo de la capacidad de campo se puede observar en el anexo n° 5 (ver el anexo n° 5). De esta manera, las capacidades de campo obtenidas para cada una de las series de suelo presentes en el área se pueden observar en la siguiente tabla: (ver la tabla n°13).

**Tabla n° 13**

<b>CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA DE LAS SERIES DE SUELO PRESENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO</b>	
<b>Serie de suelo</b>	<b>Capacidad de campo efectiva (mm)</b>
Agua del Gato	92.81
Alhue	31.52
Alhue (Santa Inés)	33.80
Codigua	15.05
Chiñihue	61.32
Cholqui	94.95
Isla de Huechún	56.58
La Higuera	94.64
Las Perdices	27.59
Las Perdices II	24.57
Lonquén	66.23
Lonquén variante	41.31
Lo Vásquez	57.64
Lo Vásquez II	97.14
Los Cardenales	112.83
Maipo	82.59
Maipo Lo Herrera	72.69
Maipo ligeramente profundo	50.09
Pahuilmo	95.41
Peumo lo Chacón	109.91
Peumo lo Chacón II	61.33
Piedmont Cuesta de Barriga	112.6
Piedmont lo Vásquez	59.63
Piedmont lo Vásquez II	59.01
Pintué	33.03
Pintué II	73.87
Pomaire	48.29
Pomaire II	80.07
Rinconada de Lo Vial	44.09
Rungue	82.57
Rungue II	88.73
San Diego	60.00
San Diego II	95.50
Santiago	49.46
Santiago II	70.50
Valdivia de Paine	118.62

Cada serie de suelo evaluada, representa un área al interior de la provincia. Estas áreas se clasificaron de acuerdo al valor de la capacidad de campo que obtuvieron, según los rangos establecidos en el método BGR, y se les asocio el puntaje S correspondiente. Esto fue representado en un mapa de capacidad de campo del área de estudio.

De esta manera se puede observar que en la provincia de Talagante, predominan las series de suelo que poseen una capacidad de campo efectiva de 50 a 89 mm. También se pueden observar en la zona norte de la provincia, en la comuna de Padre Hurtado al oeste del río Mapocho, series de suelo con capacidades de campo de 90 a 139 mm.

Este último rango también se repite en los alrededores de la ciudad de El Monte en la comuna del mismo nombre, en los alrededores de San Antonio y San Vicente de Naltagua, zonas correspondientes a las rinconadas presentes en la zona sur de la provincia en la comuna de Isla de Maipo, y también se pueden observar en los alrededores de los Cerros de Lonquén en la zona este del área de estudio. Mientras tanto, en los alrededores de la ciudad de Peñaflores y de Isla de Maipo, se pueden observar series de suelo con capacidades de campo con valores inferiores a los 49 mm (ver el mapa n° 13).

Además, en este mapa se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica con el objeto de conocer las capacidades de campo de las áreas en donde estos pozos se ubican. Esto permitirá conocer el puntaje final que obtendrá cada pozo para poder determinar la vulnerabilidad en el área de estudio. Así, las capacidades de campo de las áreas en donde se ubica cada uno de los pozos y sus correspondientes puntajes S, se pueden observar en la tabla n° 14 (ver la tabla n° 14).

**Tabla n° 14**

<b>CAPACIDAD DE CAMPO Y PUNTAJES S CORRESPONDIENTES A LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA</b>					
<b>N° del pozo</b>	<b>C. de campo del área en donde se ubica el pozo (mm)</b>	<b>Puntaje S</b>	<b>N° del pozo</b>	<b>C. de campo del área en donde se ubica el pozo (mm)</b>	<b>Puntaje S</b>
1	50 - 89	50	21	50 - 89	50
2	≤ 49	10	22	50 - 89	50
3	≤ 49	10	23	50 - 89	50
4	90 - 139	125	24	50 - 89	50
5	90 - 139	125	25	50 - 89	50
6	50 - 89	50	26	≤ 49	10
7	90 - 139	125	27	≤ 49	10
8	90 - 139	125	28	50 - 89	50
9	90 - 139	125	29	50 - 89	50
10	90 - 139	125	30	50 - 89	50
11	90 - 139	125	31	50 - 89	50
12	≤ 49	10	32	50 - 89	50
13	50 - 89	50	33	≤ 49	10
14	50 - 89	50	34	90 - 139	125
15	90 - 139	125	35	50 - 89	50
16	50 - 89	50	36	50 - 89	50
17	50 - 89	50	37	50 - 89	50
18	50 - 89	50	38	50 - 89	50
19	50 - 89	50	39	≤ 49	10
20	50 - 89	50	40	≤ 49	10

MAPA N° 13  
CC CAMPO

### VI.2.2 Determinación de la tasa de percolación o recarga (factor R)

La tasa de percolación o recarga en el área de estudio, se ha determinado a través de los sectores de recarga establecidos por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, DGA 2000). De esta manera las características de los sectores, los volúmenes de recarga y sus correspondientes factores R, se pueden observar en la siguiente tabla: (ver la tabla n° 15).

**Tabla n° 15**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS SECTORES DE RECARGA EN EL ÁREA DE ESTUDIO</b>						
<b>Sector</b>	<b>*Tipo de sector</b>	<b>*Tipo de recarga</b>	<b>*Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>*Recarga (mm/año)</b>	<b>Recarga/área (mm/año/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Factor R asociado</b>
5	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	75.97	1602.17	21.09	1.50
6	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	104.78	1311.96	12.92	1.50
8	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	231.78	1399.93	6.04	1.50
9	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	49.83	1414.48	28.38	1.50
10	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	32.24	431.92	13.40	1.50
21	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	6.48	3170.27	489.24	0.50
22	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	21.98	2890.74	131.51	1.25
25	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	45.34	1687.43	37.28	1.50
34	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	22.19	793.88	35.78	1.50
35	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	71.36	1779.66	24.94	1.50
36	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	8.53	933.43	109.43	1.25
37	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	17.99	1039.65	57.79	1.50
38	Rural agrícola	Riego, canales y precipitaciones	44.03	688.22	15.63	1.50
49	Urbano	Preci., y fugas de la red de agua potable	52.81	179.28	3.39	1.50
51	Urbano	Preci., y fugas de la red de agua potable	153.45	165.34	1.07	1.50

**\*Fuente: MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.**

Establecidos los factores R para cada uno de los sectores, estos se han clasificado de acuerdo a los rangos de recarga natural estimada del método BGR, lo cual fue representado gráficamente en un mapa de recarga del área de estudio. Así podemos observar que en la provincia de Talagante, predominan los sectores que tienen valores de recarga que no superan los 99 mm/año/km<sup>2</sup>.

También se puede observar que al oeste de la ciudad de Peñaflor, así como también en la zona sur de la provincia en San Antonio y San Vicente de Naltagua en la comuna de Isla de Maipo, la recarga alcanza valores que van desde los 100 a los 199 mm/año/km<sup>2</sup>. Además, al oeste de la ciudad de Isla de Maipo, la recarga alcanza valores que superan los 400 mm/año/km<sup>2</sup> (ver el mapa n° 14).

Además, en este mapa se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica, para establecer la recarga y el factor R correspondiente al sector en donde se ubica cada uno de estos pozos. Esto último, se realizó con el objeto de conocer el puntaje total que cada uno de los pozos obtendrá para determinar la vulnerabilidad en el área de estudio. De esta manera, los valores de recarga de los sectores en donde se ubica cada uno de los pozos, y sus correspondientes factores R se pueden observar en la tabla n° 16 (ver la tabla n° 16).

MAPA N° 14  
RECARGA

Tabla n° 16

<b>RECARGA Y FACTOR R ASOCIADO CORRESPONDIENTES A LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA</b>							
Pozo	Sector de recarga	Recarga (mm/año/km <sup>2</sup> )	Factor R asociado	Pozo	Sector de recarga	Recarga (mm/año/km <sup>2</sup> )	Factor R asociado
1	10	≤ 99	1.50	21	6	≤ 99	1.50
2	9	≤ 99	1.50	22	6	≤ 99	1.50
3	9	≤ 99	1.50	23	6	≤ 99	1.50
4	22	100 - 199	1.25	24	49	≤ 99	1.50
5	22	100 - 199	1.25	25	35	≤ 99	1.50
6	9	≤ 99	1.50	26	49	≤ 99	1.50
7	22	100 - 199	1.25	27	49	≤ 99	1.50
8	22	100 - 199	1.25	28	6	≤ 99	1.50
9	22	100 - 199	1.25	29	6	≤ 99	1.50
10	22	100 - 199	1.25	30	6	≤ 99	1.50
11	22	100 - 199	1.25	31	34	≤ 99	1.50
12	37	≤ 99	1.50	32	6	≤ 99	1.50
13	35	≤ 99	1.50	33	6	≤ 99	1.50
14	38	≤ 99	1.50	34	34	≤ 99	1.50
15	37	≤ 99	1.50	35	6	≤ 99	1.50
16	35	≤ 99	1.50	36	6	≤ 99	1.50
17	6	≤ 99	1.50	37	5	≤ 99	1.50
18	6	≤ 99	1.50	38	51	≤ 99	1.50
19	49	≤ 99	1.50	39	5	≤ 99	1.50
20	6	≤ 99	1.50	40	5	≤ 99	1.50

### VI.2.3 Evaluación del espesor de la zona no saturada (factor E)

La determinación del espesor de la zona no saturada, se ha realizado a partir de los datos de niveles estáticos de cuarenta pozos ubicados en el área de estudio, medidos durante el primer semestre del año 1998 por el Ministerio de Obras Públicas (MOP, DGA 2000). De esta manera, la ubicación de estos pozos y sus correspondientes niveles estáticos, se pueden observar en la tabla n° 17 (ver la tabla n° 17).

Sin embargo, la distribución de estos cuarenta pozos dejó zonas sin información al interior del área de estudio, por lo cual se utilizaron los datos de niveles estáticos correspondientes a otros doce pozos ubicados en el área para cubrir las zonas sin información. Los datos pertenecientes a estos doce pozos corresponden a los niveles estáticos medidos en la fecha en la cual estos se construyeron, por lo cual corresponden a datos medidos en diferentes periodos de tiempo y son datos relativamente antiguos.

De esta manera, la ubicación de estos últimos pozos y sus niveles estáticos se pueden observar en la tabla n° 18 (ver la tabla n° 18). Finalmente, la distribución de los pozos utilizados se han representado gráficamente en un mapa en el cual se pueden observar los pozos y sus correspondientes niveles estáticos (ver el mapa n° 15).



Tabla n° 17

<b>POZOS CON NIVELES ESTÁTICOS MEDIDOS EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 1998</b>							
N° de orden	Coordenadas		Nivel estático (mt)	N° de orden	Coordenadas		Nivel estático (mt)
	Norte	Este			Norte	Este	
1	6259040	325310	1.50	21	6273940	310360	5.59
2	6259240	325660	2.32	22	6274250	314300	0.38
3	6260500	325760	1.40	23	6274540	326590	18.33
4	6260810	326450	2.40	24	6274570	323850	9.83
5	6261045	328040	4.05	25	6274840	315010	1.28
6	6262410	327850	8.60	26	6275020	327863	27.42
7	6263170	326970	1.72	27	6276740	325920	11.32
8	6264190	321750	0.90	28	6277770	327890	23.38
9	6264320	331070	27.72	29	6277830	324760	8.83
10	6265830	328110	10.71	30	6278460	325420	4.20
11	6269130	321000	6.90	31	6280265	322490	5.72
12	6269280	320950	4.40	32	6280430	323570	3.07
13	6270650	307240	3.00	33	6280446	330224	18.60
14	6270750	311230	2.25	34	6280572	329040	11.47
15	6271750	310210	2.21	35	6280750	323720	1.94
16	6271930	328600	16.90	36	6280980	324390	3.31
17	6272635	329315	11.36	37	6284790	331530	14.34
18	6272700	323460	3.94	38	6285820	330482	9.27
19	6272900	324935	6.00	39	6286108	330235	6.94
20	6273300	328824	23.30	40	6286452	332704	21.32

Fuente: MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho.

Tabla n° 18

<b>POZOS CON DATOS DE NIVELES ESTÁTICOS MEDIDOS EN LA FECHA DE CONSTRUCCIÓN DEL POZO</b>			
N° de orden	Coordenadas		Nivel estático (mt) (medido en la fecha de construcción)
	Norte	Este	
1	6264559	317480	10.10
2	6265700	317480	1.65
3	6265920	312329	3.76
4	6266208	311103	3.45
5	6266267	313329	3.08
6	6266400	310700	3.50
7	6277000	322250	3.00
8	6279650	331400	31.20
9	6282220	332340	28.04
10	6283520	321579	6.50
11	6284059	324686	5.00
12	6286200	331300	17.35

Fuente: MOP.DGA. Expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

MAPA N° 15  
POZOS Y NIVELES ESTÁTICOS

A partir de esta información se realizó una interpolación de los datos, y se trazaron isólinas de profundidad de aguas, las cuales, fueron representadas gráficamente en un mapa de profundidad de aguas del área de estudio.

En este mapa se puede observar que en la zona norte de la provincia, zona correspondiente a las comunas de Padre Hurtado y Peñaflores, la profundidad de las aguas subterráneas va disminuyendo desde el este hacia el oeste, hasta la rivera del río Mapocho. Es así como en los alrededores de la ciudad de Padre Hurtado, la profundidad supera los 30 metros, y en la rivera del río Mapocho las aguas alcanzan los 4 a 5 metros.

Desde la rivera del río Mapocho hacia el oeste, la profundidad de las aguas comienza a aumentar superando los 10 m en las rinconadas formadas por las estribaciones de la Cordillera de la Costa. Sin embargo, en esta zona la profundidad fue determinada a partir de las isólinas trazadas con los datos de niveles correspondientes a la fecha de construcción de los pozos, por lo cual solo son hipotéticas.

En la zona sur de la provincia, en la comuna de Isla de Maipo, la profundidad de las aguas presenta un patrón similar al de la zona norte, es decir, la profundidad comienza a disminuir desde el este hacia el oeste. De esta manera las aguas superan los 25 metros de profundidad en los alrededores de los cerros de Lonquén, y en la rivera del río Maipo sólo alcanzan los 2 a 4 metros de profundidad.

En la zona de la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, correspondiente a la comuna de El Monte y parte de Isla de Maipo, las aguas subterráneas presentan profundidades menores a 1 metro en la rivera del Maipo, aumentando hasta 6 metros al norte de la rivera, y 10 metros al sur de ésta. Sin embargo, las profundidades representadas al sur de la rivera del río Maipo en las zonas correspondientes a San Antonio y San Vicente de Naltagua, son solo hipotéticas. Esto último es debido a las mismas razones explicadas anteriormente.

A partir de las profundidades indicadas por estas isólinas, se estableció el espesor de la zona no saturada para cada uno de los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica. Para esto, se representaron en el mapa de las isólinas de profundidad de aguas subterráneas cada uno de los pozos utilizados en tal evaluación (ver el mapa n° 16). De esta manera, el espesor de la zona no saturada establecido para cada uno de los pozos, se puede observar en la siguiente tabla (ver la tabla n° 19).

**Tabla n° 19**

<b>ESPESOR DE LA ZONA NO SATURADA ESTABLECIDA PARA LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA.</b>							
<b>N° del pozo</b>	<b>Espesor (mt)</b>	<b>N° del pozo</b>	<b>Espesor (mt)</b>	<b>N° del pozo</b>	<b>Espesor (mt)</b>	<b>N° del pozo</b>	<b>Espesor (mt)</b>
1	3	11	2	21	24	31	8
2	3	12	2	22	22	32	22
3	10	13	4	23	29	33	12
4	8	14	2	24	4	34	5
5	3	15	2	25	6	35	12
6	12	16	18	26	20	36	12
7	3	17	21	27	20	37	18
8	2	18	23	28	28	38	24
9	3	19	7	29	25	39	16
10	2	20	21	30	16	40	13

MAPA N° 16  
ISOLINEAS DE PROFUNDIDAD

#### VI.2.4 Evaluación estratigráfica (puntaje Ln)

Esta evaluación, se realizó a través de la descripción estratigráfica de cuarenta pozos ubicados en el área de estudio. Para esto se ha asignado el puntaje Ln de acuerdo a las características de cada horizonte estratigráfico que presentó cada uno de los pozos, según como está establecido en la tabla n° 6 (ver la tabla n° 6).

Para una mejor comprensión de esta evaluación, el detalle de las características estratigráficas de los pozos utilizados, y los correspondientes puntajes Ln asignados a cada horizonte estratigráfico pueden ser observados en el anexo n° 6 (ver el anexo n° 6). De esta manera, la asignación de los puntajes Ln a los horizontes estratigráficos de cada uno de los pozos, se realizó hasta la profundidad indicada para cada uno de ellos en el mapa de profundidad de aguas subterráneas, lo cual también se puede observar en la tabla n° 19 (ver el mapa n° 16 y la tabla n° 19).

Posteriormente, los puntajes Ln asignados a cada horizonte se multiplicaron por su respectivo espesor en metros, (factor E) y la suma de los valores obtenidos en cada uno de ellos, nos entregó el puntaje final en cada uno de los pozos. De esta forma el puntaje Ln obtenido por cada uno de los pozos utilizados, pueden ser observados en la siguiente tabla: (ver la tabla n° 20).

**Tabla n° 20**

<b>PUNTAJES OBTENIDOS POR LOS POZOS TRAS LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA</b>			
<b>N° del pozo</b>	<b><math>\Sigma</math> (Ln*E)</b>	<b>N° del pozo</b>	<b><math>\Sigma</math> (Ln*E)</b>
1	150	21	1462.5
2	20	22	890
3	480	23	1380
4	1890	24	225
5	375	25	610
6	825	26	950
7	540	27	950
8	50	28	1350
9	150	29	1200
10	75	30	600
11	10	31	890
12	10	32	650
13	30	33	550
14	50	34	300
15	50	35	550
16	850	36	365
17	1000	37	850
18	1100	38	700
19	150	39	750
20	1000	40	120

## **VI.2.5 Determinación de la efectividad de protección del suelo y de la cubierta litológica**

### **VI.2.5.1 Determinación de la efectividad de protección del suelo**

La determinación de la efectividad de protección del suelo, se realizó a través de la superposición de los mapas de capacidad de campo y de recarga del área de estudio (ver los mapas n° 13 y n° 14). La superposición de ambos mapas permitió generar áreas, las cuales, poseen sus respectivos puntajes S y factores R. La multiplicación de ambos valores determinó el puntaje  $P_1$  para cada una de ellas.

Posteriormente las áreas generadas fueron clasificadas de acuerdo al puntaje  $P_1$  que obtuvieron, lo cual fue representado gráficamente en un mapa de efectividad de protección del suelo del área de estudio.

Dado que los volúmenes de capacidad de campo son relativamente bajos en gran parte del área de estudio, la efectividad de protección del suelo en la provincia en términos absolutos es escasa. Esto se refleja en que el máximo valor que adquiere  $P_1$  no supera los 200 puntos.

De esta manera, en la provincia de Talagante se puede observar que la mayor efectividad de protección del suelo, se da en la comuna de Padre Hurtado al oeste de la ribera del río Mapocho, en los alrededores de la ciudad de El Monte en la comuna del mismo nombre y en las cercanías de los cerros de Lonquén al este de la provincia. En estos sectores, el puntaje  $P_1$  alcanza el mayor valor relativo que es 187.5 puntos.

En segundo lugar, se destacan los sectores de San Antonio y San Vicente de Naltagua en la comuna de Isla de Maipo. En estos lugares la efectividad de protección del suelo es importante ya que el puntaje  $P_1$  alcanza un valor relativo de 156.25 puntos.

Estos valores que son los más altos que adquiere  $P_1$  en la provincia, corresponden a las zonas con los mayores volúmenes de capacidad de campo. Sin embargo, se puede observar que el valor de  $P_1$  que predomina sólo alcanza a los 75 puntos, y corresponden a las zonas con una capacidad de campo menor.

También se destacan por su representatividad espacial, las áreas correspondientes a los alrededores de la ciudad de Peñaflor y de la ciudad de Isla de Maipo, en donde el valor relativo de  $P_1$  alcanza los 15 puntos. Además de esto, se observan áreas en donde  $P_1$  es igual a 62.5, 25, 12.5 y 5 puntos, pero estas tienen una escasa extensión espacial al interior de la provincia (ver el mapa n° 17).

Con el objeto de poder determinar el puntaje total y la vulnerabilidad en el área de estudio, en este mapa se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica. De esta manera, se pudo conocer el valor de  $P_1$  que poseen las áreas en donde cada uno de estos pozos se ubica. Así, los valores de  $P_1$  correspondientes a cada uno de los pozos se pueden observar en la siguiente tabla (ver la tabla n° 21).

Tabla n° 21

<b>EFFECTIVIDAD DE PROTECCIÓN DEL SUELO (PUNTAJE <math>P_1</math>) CORRESPONDIENTES A LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA</b>			
<b>N° del pozo</b>	<b>Puntaje <math>P_1</math> del área en que se ubica el pozo</b>	<b>N° del pozo</b>	<b>Puntaje <math>P_1</math> del área en que se ubica el pozo</b>
1	75	21	75
2	15	22	75
3	15	23	75
4	156.25	24	75
5	156.25	25	75
6	75	26	15
7	156.25	27	15
8	156.25	28	75
9	156.25	29	75
10	156.25	30	75
11	156.25	31	75
12	15	32	75
13	75	33	15
14	75	34	15
15	187.5	35	75
16	75	36	75
17	75	37	75
18	75	38	75
19	75	39	15
20	75	40	15

#### VI.2.5.2 Determinación de la efectividad de protección de la cubierta litológica

Para determinar la efectividad de protección de la cubierta litológica, los puntajes obtenidos por cada uno de los pozos en la evaluación estratigráfica, se multiplicaron por el factor R correspondiente a cada uno de ellos (ver la tabla n° 16 y la tabla n° 20). Este procedimiento nos permitió conocer el valor del puntaje  $P_2$  para cada uno de los pozos evaluados, lo cual se puede observar en la tabla n° 22 y en el mapa n° 17 (ver la tabla n° 22 y el mapa n° 17).

Dado que no existen grandes diferencias en los puntajes R obtenidos por cada uno de los pozos, y que además, las características de la zona no saturada son similares en gran parte de la provincia, el espesor de la zona no saturada se convierte en el factor más importante de diferenciación en la efectividad de protección de la cubierta litológica en el área de estudio.

De esta manera se puede observar que en la zona oeste de la provincia, en la comuna de El Monte y parte de la comuna de Isla de Maipo, la efectividad de protección de la cubierta litológica es escasa. Esto se refleja en los bajos valores que adquiere el puntaje  $P_2$  los cuales no superan los 300 puntos en los pozos ubicados en este sector.

Esta situación se debe principalmente a la escasa profundidad del agua subterránea la cual no supera los 7 metros, y a la presencia de altos porcentajes de materiales gruesos en la constitución de la zona no saturada en este sector de la provincia. Sin embargo, al interior de las rinconadas existentes al sur de la ribera del río Maipo, zonas correspondientes a San Antonio y San Vicente de Naltagua en la comuna de Isla de Maipo, la profundidad del agua aumenta y hay presencia de materiales más finos en la zona no saturada, lo cual eleva la efectividad de protección.

Por su parte en la zona este de la provincia, la efectividad de protección de la cubierta litológica aumenta, lo cual se refleja en los valores de los puntajes  $P_2$  que superan los 1000 puntos en los pozos ubicados en este sector. Esto se debe principalmente a que en esta zona, la profundidad de las aguas aumenta superando los 10 metros.

Situación similar es la que se observa al interior de las rinconadas existentes al oeste del río Mapocho en las comunas de Padre Hurtado y Peñaflores. En estos lugares la efectividad de protección aumenta a medida que la profundidad de las aguas es mayor.

Tabla n° 22

<b>EFFECTIVIDAD DE PROTECCIÓN DE LA CUBIERTA LITOLÓGICA (PUNTAJE <math>P_2</math>) CORRESPONDIENTE A LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN ESTRATIGRÁFICA</b>							
<b>N° del pozo</b>	<b>Factor R</b>	<b><math>\Sigma</math> (Ln*E)</b>	<b>Puntaje <math>P_2</math></b>	<b>N° del pozo</b>	<b>Factor R</b>	<b><math>\Sigma</math> (Ln*E)</b>	<b>Puntaje <math>P_2</math></b>
1	1.50	150	225	21	1.50	1462.5	2193.75
2	1.50	20	30	22	1.50	890	1335
3	1.50	480	720	23	1.50	1380	2070.75
4	1.25	1890	2362.5	24	1.50	225	337.5
5	1.25	375	468.75	25	1.50	610	915
6	1.50	825	1237.5	26	1.50	950	1425
7	1.25	540	675	27	1.50	950	1425
8	1.25	50	62.5	28	1.50	1350	2025
9	1.25	150	187.5	29	1.50	1200	1800
10	1.25	75	93.75	30	1.50	600	900
11	1.25	10	12.5	31	1.50	890	1335
12	1.50	10	15	32	1.50	650	975
13	1.50	30	45	33	1.50	550	825
14	1.50	50	75	34	1.50	300	450
15	1.50	50	75	35	1.50	550	825
16	1.50	850	1275	36	1.50	365	547.5
17	1.50	1000	1500	37	1.50	850	1275
18	1.50	1100	1650	38	1.50	700	1050
19	1.50	150	225	39	1.50	750	1125
20	1.50	1000	1500	40	1.50	120	180



MAPA N° 17  
EFECTIVIDAD DE PROTECCION

### **VI.2.6 Determinación de la efectividad de protección y la vulnerabilidad asociada**

Para determinar la efectividad de protección generalizada y la vulnerabilidad asociada en el área de estudio, se le sumaron a los valores correspondientes al puntaje  $P_2$  obtenido por cada uno de los pozos en la determinación de la efectividad de protección de la cubierta litológica, los valores del puntaje  $P_1$  correspondientes a las áreas en las cuales estos pozos se ubican, y que fueron generadas en la evaluación de la efectividad de protección del suelo.

De esta manera, se obtuvo el puntaje total para cada uno de los pozos cuyos valores se pueden observar en la siguiente tabla (ver la tabla n° 23). Posteriormente a través de los valores obtenidos por cada uno de ellos, se procedió a delimitar áreas a las cuales se les asignó un nivel de efectividad de protección y de vulnerabilidad. Esta delimitación se realizó interpolando los valores límites con los cuales se determinan los niveles de efectividad de protección y vulnerabilidad según como se indica en la tabla n° 7.

Las áreas generadas, se representaron gráficamente en un mapa de vulnerabilidad del área de estudio. En este mapa se puede observar que gran parte de la provincia de Talagante, posee una alta vulnerabilidad a la contaminación. Esto se debe a que en estas áreas, la efectividad de protección del suelo y de la cubierta litológica son bajas, lo cual se refleja en que los puntajes totales obtenidos por los pozos ubicados en ellas, no superan los 1000 puntos.

Sin embargo, al interior de las rinconadas ubicadas al sur de la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, es donde se da la mayor efectividad de protección del suelo, y además, aumenta la profundidad de las aguas subterráneas y hay presencia de altos porcentajes de materiales finos en la constitución de la zona no saturada. Estas características generan como consecuencia que la efectividad de protección de la cubierta litológica en estas zonas sea considerable. Lo anterior se refleja en los puntajes totales que adquieren los pozos ubicados en estas zonas cuyos valores superan los 1000 puntos lo cual determina que la vulnerabilidad de estos lugares sea moderada e incluso baja cuando la profundidad de las aguas supera los 10 metros.

En la zona este de la provincia la profundidad de las aguas aumenta, lo cual eleva considerablemente la efectividad de protección de la cubierta litológica, y en consecuencia, la efectividad de protección generalizada. Esto se refleja en los valores que adquieren los puntajes totales de los pozos ubicados en estas áreas, los cuales superan los 1000 puntos a pesar de los bajos valores obtenidos de la efectividad de protección del suelo. Esta situación determina que la vulnerabilidad sea moderada e incluso baja cuando la profundidad de las aguas supera los 25 metros.

Una situación similar es la que se observa al interior de la rinconada ubicada al oeste de la ribera del río Mapocho en la comuna de Padre Hurtado, en donde la efectividad de protección generalizada aumenta principalmente debido al aumento en la efectividad de protección de la cubierta litológica producto del aumento en la profundidad de las aguas. De esta manera, la vulnerabilidad es moderada cuando la profundidad de las aguas alcanza los 10 metros (ver el mapa n° 18).

Tabla n° 23

<b>PUNTAJES TOTALES OBTENIDOS POR LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN</b>			
<b>N° del pozo</b>	<b>Puntaje P<sub>1</sub></b>	<b>Puntaje P<sub>2</sub></b>	<b>Puntaje total (P<sub>t</sub>)</b>
1	75	225	300
2	15	30	45
3	15	720	735
4	156.25	2362.5	2518.75
5	156.25	468.75	625
6	75	1237.5	1312.5
7	156.25	675	831.25
8	156.25	62.5	218.75
9	156.25	187.5	343.75
10	156.25	93.75	250
11	156.25	12.5	168.75
12	15	15	30
13	75	45	120
14	75	75	150
15	187.5	75	262.5
16	75	1275	1350
17	75	1500	1575
18	75	1650	1725
19	75	225	300
20	75	1500	1575
21	75	2193.75	2268.75
22	75	1335	1410
23	75	2070.75	2145.75
24	75	337.5	412.5
25	75	915	990
26	15	1425	1440
27	15	1425	1440
28	75	2025	2100
29	75	1800	1875
30	75	900	975
31	75	1335	1410
32	75	975	1050
33	15	825	840
34	15	450	465
35	75	825	900
36	75	547.5	532.5
37	75	1275	1350
38	75	1050	1125
39	15	1125	1140
40	15	180	195

MAPA N° 18  
VULNERABILIDAD BGR

### **VI.3 Resultados de la aplicación del método GOD para la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio**

#### **VI.3.1 Forma en que se presenta el agua subterránea, o tipo de acuífero (factor G)**

En el área de estudio, el acuífero lo constituyen los materiales del cono de deyección regular del río Maipo. Estos materiales corresponden principalmente a gravas, ripios, arenas gruesas y medias con proporciones variables de limos y arcillas (ver los perfiles estratigráficos correspondientes a las figuras n° 9, 10, 11, 12 y 13, y las descripciones estratigráficas de los pozos utilizados en la aplicación del método BGR en el anexo n° 6).

Estos materiales constituyen la zona no saturada en el área de estudio, presentando algunas variaciones en los porcentajes de limo y arcilla. De esta manera, se puede observar en los perfiles estratigráficos citados anteriormente, que en algunas zonas de la provincia, la parte superior de la secuencia estratigráfica esta conformada por los materiales ya mencionados pero con un porcentaje mayor de materiales finos.

A pesar de esto, en la parte superior de la secuencia estratigráfica del área de estudio, no se presentan proporciones de materiales finos que constituyan una capa confinante para las aguas subterráneas. De esta manera, el acuífero en la provincia de Talagante, correspondería a un acuífero no confinado de acuerdo a la clasificación establecida en el esquema para la aplicación del método GOD (ver la figura n° 6).

Esta situación, se ha representado gráficamente en un mapa que muestra la condición del acuífero en el área de estudio, junto con el factor G correspondiente. Además se han incorporado en este mapa, los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica en la aplicación del método BGR. Esto se realizó con el objeto de conocer el valor final que obtendrá cada uno de los pozos, para poder comparar los resultados que entregan ambos métodos en la determinación de la vulnerabilidad (ver el mapa n° 19).

#### **VI.3.2 Evaluación del sustrato litológico (factor O)**

Como se mencionó en la descripción de las características del área de estudio, los materiales que constituyen el relleno de la Depresión Intermedia en la provincia, corresponden a materiales fluvio-glaciares provenientes principalmente desde la Cordillera de los Andes, los cuales fueron depositados gracias a la acción del río Maipo durante el Cuaternario.

Estos materiales constituyen el cono de deyección del río Maipo, y corresponden principalmente a gravas, ripios, arenas gruesas y medias, y porcentajes variables de limos y arcillas. De esta manera, según la clasificación establecida en el esquema para la aplicación del método GOD, el sustrato litológico en el área de estudio, se ha denominado como depósitos no consolidados correspondientes a arenas y gravas aluviales y fluvio-glaciares (ver la figura n° 6).

Esto se ha representado gráficamente en un mapa de la estratigrafía en el área de estudio, según las categorías establecidas en el método GOD, asignando el factor O correspondiente a las características estratigráficas del área de estudio. Además en este mapa, se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica en la aplicación del método BGR, con el objeto de comparar los resultados tras la aplicación de ambos métodos (ver el mapa n° 20).

### **VI.3.3 Evaluación de la profundidad de las aguas subterráneas (factor D)**

Como se mencionó en el capítulo correspondiente a la metodología y pasos metodológicos, la profundidad de las aguas subterráneas en el área de estudio, se estableció a través del trazado de isolíneas de profundidad de las aguas, las cuales fueron obtenidas a partir de los datos de niveles estáticos de algunos pozos ubicados en el área (ver el mapa n° 16).

De esta manera, a partir de las isolíneas trazadas, se delimitaron áreas de profundidad de aguas de acuerdo a los rangos establecidos en el método GOD, a las cuales se les asignó el factor D correspondiente. Esto se representó gráficamente en un mapa de profundidad de aguas subterráneas del área de estudio (ver el mapa n° 21).

En este mapa, se puede observar que en la provincia se presentan cinco rangos de profundidad de los siete establecidos en el método GOD (ver la figura n° 6). El primer rango correspondiente a profundidades menores a los 2 m, se observa en los alrededores de la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, extendiéndose hacia el sur de la provincia a través de la rivera del río Maipo.

El siguiente rango de profundidad que va desde los 2 m hasta los 5 m, rodea al primer rango y se extiende hacia el sur de la provincia y también hacia el norte a través de la rivera del río Mapocho. El rango siguiente que va desde los 5 m hasta los 10 m, se observa al interior de las rinconadas existentes al norte y al sur de la confluencia de los ríos, en la comuna de El Monte y en Isla de Maipo respectivamente, además, también se puede observar inmediatamente después del segundo rango al este de la confluencia.

En la zona este de la provincia, es donde se presentan las mayores profundidades de las aguas subterráneas. Aquí se pueden observar los rangos que van desde los 10 a los 20 m de profundidad y el rango que va desde los 20 hasta los 50 m de profundidad. Estas áreas se extienden en la zona este de la provincia abarcando desde el norte hasta el sur de esta.

Con el objeto de comparar los resultados obtenidos tras la aplicación de los métodos para la determinación de la vulnerabilidad, se han incorporado en este mapa, los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica en la aplicación del método BGR.

MAPA 19  
FACTOR G

MAPA 20  
FACTOR O



MAPA 21  
FACTOR D

#### **VI.3.4 Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al método GOD**

La determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio, de acuerdo a los criterios establecidos en el método GOD, se realizó superponiendo los mapas correspondientes a los tres factores evaluados. Este procedimiento permitió generar áreas, las cuales poseían el valor de cada uno de los factores. La multiplicación de los valores correspondientes a estos factores en cada una de las áreas generadas, entregó un valor final para cada una de ellas.

De esta manera, a partir del valor final obtenido por cada una de las áreas, se determinó la vulnerabilidad para cada una de ellas según como está establecido en la figura n° 6, lo cual se representó gráficamente en un mapa de vulnerabilidad del área de estudio.

Durante el proceso de la evaluación, el factor más importante en la diferenciación de los niveles cualitativos de la vulnerabilidad, fue la profundidad de las aguas subterráneas. Esto se debió a que los factores correspondientes al tipo de acuífero, y a las características estratigráficas obtuvieron un valor único en el área de estudio.

De esta manera se puede observar que una gran parte de la provincia de Talagante posee una alta vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas. Las áreas que presentan esta cualidad, se caracterizan porque en ellas el acuífero no posee confinamiento, por lo cual este factor obtiene el máximo valor que se le puede atribuir. Siendo así, en estas áreas el nivel de vulnerabilidad queda determinado principalmente por las características estratigráficas y la profundidad de las aguas que no superan los 10 mt.

Al interior de la rinconada ubicada al sur de la confluencia de los ríos Maipo y Mapocho, en San Vicente de Naltagua correspondiente a la comuna de Isla de Maipo, y en la rinconada ubicada en la comuna de Padre Hurtado al oeste del río Mapocho, como así también en la zona este de la provincia, la vulnerabilidad del acuífero es moderada. Al igual que en las áreas de alta vulnerabilidad, aquí el nivel queda determinado por las características estratigráficas, y por la profundidad de las aguas. Esto se debe a las mismas razones explicadas anteriormente, con la diferencia que en estas áreas la profundidad de las aguas superan los 10 mt.

Con el objeto de realizar una comparación de los resultados obtenidos tras la aplicación de los métodos utilizados para la determinación de la vulnerabilidad, se han incorporado en este mapa, los pozos usados en la evaluación estratigráfica en la aplicación del método BGR (ver el mapa n° 22). De esta manera en la tabla n° 24, se pueden observar los valores correspondientes a los tres factores evaluados que adquieren las áreas en las cuales se ubican estos pozos (ver la tabla n° 24).

Mapa n° 22  
VULNERABILIDAD GOD

Tabla n° 24

FACTORES DEL METODO GOD DE LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN									
Pozo	Factor G	Factor O	Factor D	G*O*D	Pozo	Factor G	Factor O	Factor D	G*O*D
1	1.0	0.7	0.9	0.63	21	1.0	0.7	0.6	0.42
2	1.0	0.7	0.9	0.63	22	1.0	0.7	0.6	0.42
3	1.0	0.7	0.7	0.49	23	1.0	0.7	0.6	0.42
4	1.0	0.7	0.8	0.56	24	1.0	0.7	0.9	0.63
5	1.0	0.7	0.9	0.63	25	1.0	0.7	0.8	0.56
6	1.0	0.7	0.7	0.49	26	1.0	0.7	0.7	0.49
7	1.0	0.7	0.9	0.63	27	1.0	0.7	0.6	0.42
8	1.0	0.7	0.9	0.63	28	1.0	0.7	0.6	0.42
9	1.0	0.7	0.9	0.63	29	1.0	0.7	0.6	0.42
10	1.0	0.7	1.0	0.70	30	1.0	0.7	0.7	0.49
11	1.0	0.7	1.0	0.70	31	1.0	0.7	0.8	0.56
12	1.0	0.7	1.0	0.70	32	1.0	0.7	0.6	0.42
13	1.0	0.7	0.9	0.63	33	1.0	0.7	0.7	0.49
14	1.0	0.7	1.0	0.70	34	1.0	0.7	0.9	0.63
15	1.0	0.7	1.0	0.70	35	1.0	0.7	0.7	0.49
16	1.0	0.7	0.7	0.49	36	1.0	0.7	0.7	0.49
17	1.0	0.7	0.6	0.42	37	1.0	0.7	0.7	0.49
18	1.0	0.7	0.6	0.42	38	1.0	0.7	0.6	0.42
19	1.0	0.7	0.8	0.56	39	1.0	0.7	0.7	0.49
20	1.0	0.7	0.6	0.42	40	1.0	0.7	0.7	0.49

### VI.3.5 Evaluación del factor S para la determinación del índice GOD-S

Como ya se ha mencionado, el factor S se ha determinado en base a las texturas de suelo presentes en el área de estudio, a las cuales, se les ha asignado el puntaje correspondiente al factor S. Así se puede observar que en la zona norte de la provincia, en los alrededores de Padre Hurtado, se encuentran presentes los suelos de textura muy fina, a los cuales les corresponde el valor más bajo como factor S, ya que la presencia de estos suelos significarían una mayor protección para el acuífero.

Además, en la comuna de Padre Hurtado al oeste de la rivera del río Mapocho, así como también en los alrededores de la ciudad de El Monte, y al sur de la ciudad de Talagante, se encuentran presentes suelos de textura moderadamente fina. A estos suelos también les corresponde un valor bajo como factor S, ya que su presencia significa una protección importante para el acuífero debido a sus características.

En la comuna de Peñaflo, y en la comuna de Talagante al este de la ciudad y en los alrededores de Isla de Maipo, se pueden observar suelos de textura moderadamente gruesa. A estos suelos les corresponde el valor más alto de los asignados en la provincia como factor S, ya que serían los suelos con la textura más gruesa en el área de estudio y representarían una menor protección para el acuífero.

En el resto de la provincia los suelos son de textura media y también les corresponde un valor como factor S relativamente alto en relación a los asignados en la provincia, y representan una baja protección para el acuífero (ver el mapa n° 23).

MAPA N° 23  
FACTOR S PARA LA DETERMINACION DEL GOD-S

### VI.3.6 Determinación de la vulnerabilidad de acuerdo al índice GOD-S

Según los resultados obtenidos por el índice GOD-S se puede observar que gran parte de la provincia es moderadamente vulnerable. Sin embargo, en la comuna de Padre Hurtado y en la rinconada al oeste de la rivera del río Mapocho la vulnerabilidad es baja, debido a que en estas zonas la textura de los suelos es fina y moderadamente fina, a lo cual corresponde un valor bajo del factor S (ver el mapa n° 24).

Mientras tanto, en la comuna de Isla de Maipo, en los alrededores de la ciudad y en las rinconadas de la comuna de El Monte, la vulnerabilidad es alta. Esto se debe a que los suelos en estas áreas poseen texturas relativamente gruesas. A esta característica de los suelos le corresponde un valor alto como factor S, lo cual al considerarlo junto a las otras características de estas áreas, explicaría tal nivel de vulnerabilidad en ellas.

En las zonas urbanas de la provincia no se ha considerado al suelo como factor, esto se debe a que en estas áreas el perfil de suelo se encuentra alterado, por lo cual la vulnerabilidad de las zonas urbanas corresponde a la obtenida mediante el índice GOD. De esta manera, en la ciudad de Isla de Maipo, El Monte, Talagante y parte de la ciudad de Peñaflores la vulnerabilidad es alta. En tanto, en la ciudad de Padre Hurtado la vulnerabilidad es moderada.

En el mapa de vulnerabilidad del índice GOD-S, se han incorporado los pozos utilizados en la evaluación estratigráfica, con el objeto de poder obtener el puntaje total de ellos. Estos valores se pueden observar en la tabla n° 25 (ver la tabla n° 25).

Tabla n° 25

<b>PUNTAJES OBTENIDOS POR LOS POZOS MEDIANTE EL ÍNDICE GOD-S</b>							
<b>Pozo</b>	<b>G*O*D</b>	<b>Factor S</b>	<b>GOD-S</b>	<b>Pozo</b>	<b>G*O*D</b>	<b>Factor S</b>	<b>GOD-S</b>
1	0.63	0.8	0.50	21	0.42	0.9	0.38
2*	0.63	No aplica	No aplica	22	0.42	0.9	0.38
3	0.49	0.9	0.44	23	0.42	0.9	0.38
4	0.56	0.8	0.45	24*	0.63	No aplica	No aplica
5	0.63	0.6	0.39	25	0.56	0.8	0.45
6	0.49	0.9	0.44	26	0.49	0.9	0.44
7	0.63	0.8	0.50	27	0.42	0.9	0.38
8	0.63	0.8	0.50	28	0.42	0.9	0.38
9	0.63	0.8	0.50	29	0.42	0.8	0.34
10	0.70	0.8	0.56	30	0.49	0.8	0.39
11	0.70	0.6	0.42	31	0.56	0.6	0.34
12	0.70	0.8	0.56	32*	0.42	No aplica	No aplica
13	0.63	0.6	0.39	33	0.49	0.8	0.39
14	0.70	0.8	0.56	34	0.63	0.6	0.38
15	0.70	0.6	0.42	35	0.49	0.8	0.39
16	0.49	0.9	0.44	36	0.49	0.8	0.39
17	0.42	0.9	0.38	37*	0.49	No aplica	No aplica
18	0.42	0.9	0.38	38*	0.42	No aplica	No aplica
19*	0.56	No aplica	No aplica	39	0.49	0.9	0.44
20	0.42	0.9	0.38	40	0.49	0.8	0.39

(\*) Pozos que por encontrarse ubicados en las zonas urbanas, no se les aplico el factor suelo en la evaluación.

MAPA N° 24  
VULNERABILIDAD SEGÚN GOD-S

## **VI.4 Resultados de la comparación de los métodos para la determinación de la vulnerabilidad**

### **VI.4.1 Comparación de los métodos**

Los métodos GOD y BGR, son denominados como métodos cualitativos o paramétricos, diseñados para determinar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Ambos métodos se basan en asignar puntajes a los parámetros que ellos consideran, cuyos valores dependerán en cuanto contribuyan aquellos parámetros en la protección del acuífero.

Los valores de los puntajes asignados se multiplican y se suman entre sí, entregando un valor final con el cual se determina el nivel cualitativo de vulnerabilidad. En el caso del método GOD el factor G va desde 0 a 1, y para los factores O y D el puntaje que se les puede asignar va desde 0.4 a 1. El valor que se le asigna a cada factor esta determinado por las características que adoptan dichos parámetros en un área, el cual será más alto mientras más contribuya a la vulnerabilidad del acuífero (ver la figura n° 6).

De esta manera, en el método GOD un área será más vulnerable cuando el producto de la multiplicación de los tres factores asignados a los parámetros evaluados en ella, se acerque más a 1. Esto implica, que al obtener uno de los factores el máximo valor, es decir, que cuando uno de ellos adquiera un puntaje igual a 1, significa que este factor no contribuye en nada a la protección del acuífero, y el nivel de vulnerabilidad quedara determinado por los valores que se le hayan asignado a los otros factores.

Además, al ser el producto final el puntaje con el cual se determina la vulnerabilidad en el método GOD, al incorporarse otro factor como es el caso en donde se incorpora el suelo en la evaluación, siempre es más probable que esto de como resultado una disminución en los niveles de vulnerabilidad en el área en donde se aplique el método.

De esta manera, el método GOD resulta útil para su aplicación en zonas en las cuales no se tiene información detallada de las características del acuífero, sin embargo, cuando se aplica en áreas muy extensas los resultados obtenidos a través de este método, deben ser considerados sólo como orientaciones y no como resultados definitivos de la vulnerabilidad.

Por su parte, el método BGR asigna puntajes y factores a los parámetros que considera dependiendo de las características que estos adoptan en un área. El puntaje total ( $P_t$ ) con el cual se determina la efectividad de protección y la vulnerabilidad, corresponde a la suma de dos puntajes los cuales se denominan como  $P_1$  y  $P_2$ . De esta manera, cuando mayor es el valor del puntaje  $P_t$ , mayor es la efectividad de protección y por lo tanto, menor es la vulnerabilidad.

El puntaje  $P_1$ , corresponde a la capacidad de protección del suelo. Este puntaje se obtiene del producto entre el puntaje S obtenido en base a la capacidad de campo del suelo, y el factor W el cual se obtiene de la tasa de recarga. Mientras más alto es el valor de  $P_1$ , significa que la efectividad de protección del suelo es mayor.



Por su parte, el puntaje  $P_2$  corresponde a la capacidad de protección de la cubierta litológica. Este puntaje se obtiene del producto entre el factor  $W$  el cual se obtiene de la tasa de recarga, y el valor de la suma de los puntajes  $L$  correspondientes a las características litológicas el cual a su vez se multiplica por el espesor de cada estrato.

Cuando en el área en la cual se realiza la evaluación, el acuífero presenta condiciones artesianas, es decir, que presenta algún grado de confinamiento, al puntaje  $P_2$  se le suma un puntaje extra denominado como puntaje  $A$ . De esta manera, mientras más alto es el valor del puntaje  $P_2$  significa que la efectividad de protección de la cubierta litológica es mayor, y por lo tanto, menor el nivel de vulnerabilidad.

Así como se puede observar, el método BGR requiere información más detallada de las características de las áreas a evaluar. Además, la forma en que se obtiene el puntaje final con el cual se determina la vulnerabilidad es más complejo que en el método GOD. Esto implica que el método BGR presenta limitaciones cuando se pretende evaluar áreas extensas, puesto que la información requerida para su aplicación no siempre esta disponible o es más difícil de obtener en forma directa. Además, cuando se trata de áreas extensas la información obtenible suele presentar distintos niveles de fiabilidad.

Otro aspecto que se debe considerar, es que la forma en la cual se evalúa a través del método BGR, cuando se incorpora la variable suelo no necesariamente implica una disminución en los niveles de vulnerabilidad como ocurre generalmente con el método GOD. Puesto que al no ser una multiplicación directa de los factores como ocurre en este último método, al ser incorporado el suelo en la evaluación este no adquiere tanta relevancia en el puntaje final.

Otra diferencia entre ambos métodos, es que el GOD al no requerir información tan específica de un área, la representación gráfica de las características de los factores considerados, es más factible hacerlo en forma areal, lo cual facilita la determinación del resultado final. Por otra parte el método BGR requiere información específica de las características que adoptan los factores que considera, la cual generalmente se representa gráficamente en forma puntual, areal y lineal. Esto implica una mayor dificultad para representar los resultados a través de este método.

#### **VI.4.2** *Comparación de los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos GOD y BGR en el área de estudio*

Los resultados obtenidos de la aplicación de los métodos para determinar los niveles de vulnerabilidad del acuífero en la provincia de Talagante, se han representado gráficamente en mapas de vulnerabilidad. En estos mapas se puede observar que los resultados obtenidos tras la aplicación de estos métodos, coinciden en que el área de estudio presenta en gran parte de su territorio una alta vulnerabilidad a la contaminación (ver los mapas n° 18 y n° 22).

A pesar de esto, las áreas con sus respectivos niveles de vulnerabilidad resultantes tras la aplicación de ambos métodos, presentan algunas diferencias. En el caso del método GOD, la forma en que se representaron los parámetros, y las características que estos adoptaron en el área de estudio, son la causa por la cual las áreas resultantes quedaron delimitadas en forma precisa por la isolínea de profundidad de aguas correspondiente a los 10 m.

Esto se debe a que en la evaluación realizada con el método GOD, el factor G y el factor O obtuvieron un único valor para toda el área de estudio (ver los mapas n° 19 y n° 20). En tanto que el factor D correspondiente a la profundidad de las aguas, adquiere distintos valores, transformándose en el factor más importante en la diferenciación de los niveles de vulnerabilidad. De esta manera, aquellas áreas en donde la profundidad de las aguas es inferior a los 10 metros, la vulnerabilidad es alta, y en aquellas en donde supera los 10 metros es moderada.

En el caso del método BGR, la profundidad de las aguas es un elemento diferenciador importante, pero sin embargo, al momento de determinar los niveles de vulnerabilidad influyen de igual forma los otros parámetros. Así, se puede observar que las áreas resultantes a través de la evaluación realizada con el método BGR, no se delimitan atendiendo a un nivel de profundidad de agua determinada, teniendo el límite de estas áreas profundidades de aguas distintas al interior del área de estudio.

Así se puede observar, que la vulnerabilidad de acuerdo al método BGR es alta en gran parte de la provincia, y pasa a ser moderada a medida que aumenta la profundidad de las aguas, dándose esta situación en la zona este de la provincia, y en algunas rinconadas, llegando incluso a ser baja cuando las aguas llagan a un valor de profundidad que bordea los 20 metros (ver el mapa n° 18).

Una diferencia importante entre ambos métodos, se aprecia al incorporar el factor suelo en la evaluación. En el método GOD cuando se incorpora el factor S en la evaluación, los resultados obtenidos difieren en gran medida. Esto lo demuestran los puntajes obtenidos por cada uno de los pozos, y en mayor medida los mapas de vulnerabilidad obtenidos a través del índice GOD y GOD-S (ver los mapas n° 22 y n° 24 y la tabla n° 26).

Así prácticamente toda el área que de acuerdo al índice GOD era de alta vulnerabilidad, a través del índice GOD-S pasa a ser de vulnerabilidad moderada. Incluso en la zona norte de la provincia, en donde el factor S adquiere un bajo valor debido a las características texturales de los suelos la vulnerabilidad es baja, lo cual se puede explicar, debido a la forma en la cual se evalúan los parámetros considerados, al ser una multiplicación directa de los factores, al incorporar el suelo como un factor más, este influye significativamente en el resultado final.

A diferencia de lo que ocurre con el método GOD, la forma en la cual se evalúan los parámetros en el método BGR es más compleja. De esta manera en este último método el suelo se considera mediante la medición de la capacidad de campo, la cual es afectada por un factor correspondiente a la tasa de recarga.

El valor del producto obtenido a través de estos factores constituye la efectividad de protección del suelo, denominado en la evaluación como  $P_1$ . De esta manera, como se observa en el mapa n° 17 los valores de  $P_1$  que se obtienen en el área de estudio son relativamente bajos principalmente por la baja capacidad de campo efectiva de los suelos (ver el mapa n° 17).

De esta forma, como se puede observar en los mapas n° 17 y n° 18 y en la tabla n° 26, al considerar el suelo en la evaluación mediante el método BGR, este no influye prácticamente en nada en la determinación de los niveles de vulnerabilidad debido al bajo valor obtenido por  $P_1$  (ver los mapas n° 17 y n° 18, y la tabla n° 26).

Tabla n° 26

<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN</b>								
<b>N° del pozo</b>	<b>Método BGR</b>				<b>Método GOD</b>			
	<b>P<sub>i</sub> suelo incorporado</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>P<sub>i</sub> sin suelo</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Índice GOD</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Índice GODS</b>	<b>Vulnerabilidad</b>
1	300	Alta	225	Alta	0.63	Alta	0.50	Moderada
2	45	Alta	30	Alta	0.63	Alta	No aplica	
3	735	Alta	720	Alta	0.49	Moderada	0.44	Moderada
4	2518.75	Baja	2362.5	Baja	0.56	Alta	0.45	Moderada
5	625	Alta	468.75	Alta	0.63	Alta	0.39	Moderada
6	1312.5	Media	1237.5	Media	0.49	Moderada	0.44	Moderada
7	831.25	Alta	675	Alta	0.63	Alta	0.50	Moderada
8	218.75	Alta	62.5	Alta	0.63	Alta	0.50	Moderada
9	343.75	Alta	187.5	Alta	0.63	Alta	0.50	Moderada
10	250	Alta	93.75	Alta	0.70	Alta	0.56	Alta
11	168.75	Alta	12.5	Alta	0.70	Alta	0.42	Moderada
12	30	Alta	15	Alta	0.70	Alta	0.56	Alta
13	120	Alta	45	Alta	0.63	Alta	0.39	Moderada
14	150	Alta	75	Alta	0.70	Alta	0.56	Alta
15	262.5	Alta	75	Alta	0.70	Alta	0.42	Moderada
16	1350	Media	1275	Media	0.49	Moderada	0.44	Moderada
17	1575	Media	1500	Media	0.42	Moderada	0.38	Moderada
18	1725	Media	1650	Media	0.42	Moderada	0.38	Moderada
19	300	Alta	225	Alta	0.56	Alta	No aplica	
20	1575	Media	1500	Media	0.42	Moderada	0.38	Moderada

Tabla n° 26 (continuación)

<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN</b>								
N° del pozo	Método BGR				Método GOD			
	P <sub>t</sub> suelo incorporado	Vulnerabilidad	P <sub>t</sub> sin suelo	Vulnerabilidad	Índice GOD	Vulnerabilidad	Índice GODS	Vulnerabilidad
21	2268.75	Baja	2193.75	Baja	0.42	Moderada	0.38	Moderada
22	1410	Media	1335	Media	0.42	Moderada	0.38	Moderada
23	2145.75	Baja	2070.75	Baja	0.42	Moderada	0.38	Moderada
24	412.5	Alta	337.5	Alta	0.63	Alta	No aplica	
25	990	Alta	915	Alta	0.56	Alta	0.45	Moderada
26	1440	Media	1425	Media	0.49	Moderada	0.44	Moderada
27	1440	Media	1425	Media	0.42	Moderada	0.38	Moderada
28	2100	Baja	2025	Baja	0.42	Moderada	0.38	Moderada
29	1875	Media	1800	Media	0.42	Moderada	0.34	Moderada
30	975	Alta	900	Alta	0.49	Moderada	0.39	Moderada
31	1410	Media	1335	Media	0.56	Alta	0.34	Moderada
32	1050	Media	975	Alta	0.42	Moderada	No aplica	
33	840	Alta	825	Alta	0.49	Moderada	0.39	Moderada
34	465	Alta	450	Alta	0.63	Alta	0.38	Moderada
35	900	Alta	825	Alta	0.49	Moderada	0.39	Moderada
36	532.5	Alta	547.5	Alta	0.49	Moderada	0.39	Moderada
37	1350	Media	1275	Media	0.49	Moderada	No aplica	
38	1125	Media	1050	Media	0.42	Moderada	No aplica	
39	1140	Media	1125	Media	0.49	Moderada	0.44	Moderada
40	195	Alta	180	Alta	0.49	Moderada	0.39	Moderada

## VI.5 Resultados de la determinación del peligro potencial de contaminación en el área de estudio

### VI.5.1 Fuentes contaminantes urbanas

#### VI.5.1.1 Peligro potencial generado por el almacenamiento de combustibles líquidos

##### VI.5.1.1.1 Estaciones de servicio

Como ya se ha indicado, debido a las características de los combustibles líquidos, se han determinado dos niveles de generación potencial de carga contaminante para las estaciones de servicio ubicadas en la provincia de Talagante, los cuales son: elevado y moderado. De esta manera, el criterio para establecer el nivel de generación de carga para cada estación de servicio se puede observar en la siguiente tabla: (ver la tabla n° 27).

**Tabla n° 27**

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LAS ESTACIONES DE SERVICIO</b>	
<b>Año de funcionamiento</b>	<b>Generación de carga contaminante</b>
< 1997	Elevado
≥ 1997	Moderado

Fuente: P. Toro 2003. Evaluación del riesgo de contaminación de la parte norte del acuífero de Santiago.

De esta manera para la provincia de Talagante, se pudo obtener la información correspondiente a 19 estaciones de servicio, las características de las estaciones y la potencial generación de carga contaminante de cada una de ellas se puede observar en la tabla n° 28 (ver la tabla n° 28).

**Tabla n° 28**

<b>POTENCIAL GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>				
<b>N° de la estación</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comuna</b>	<b>Año de funcionamiento</b>	<b>Carga contaminante</b>
1	Libertadores 98	El Monte	1995	Elevado
2	Libertadores 454	El Monte	1993	Elevado
3	Santelices 71	Isla de Maipo	1992	Elevado
4	Camino a Melipilla 2426	Padre Hurtado	2002	Moderado
5	Camino a Melipilla 1891	Padre Hurtado	2003	Moderado
6	Camino a Melipilla 2895	Padre Hurtado	2006	Moderado
7	Camino a Melipilla 2065	Padre Hurtado	1996	Elevado
8	Vicuña Mackenna 1545	Peñaflor	2002	Moderado
9	21 de Mayo 4207	Peñaflor	1987	Elevado
10	Miraflores con Esmeralda s/n	Peñaflor	1988	Elevado
11	Vicuña Mackenna 2130	Peñaflor	1989	Elevado
12	Bilbao 212	Peñaflor	1992	Elevado
13	Larraín 3070	Peñaflor	1996	Elevado

**Tabla n° 28 (continuación)**

<b>POTENCIAL GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>				
<b>N° de la estación</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comuna</b>	<b>Año de funcionamiento</b>	<b>Carga contaminante</b>
14	Vicuña Mackenna 3957	Peñaflor	1998	Moderado
15	Vicuña Mackenna 3899	Peñaflor	1998	Moderado
16	21 de Mayo 1175	Talagante	1986	Elevado
17	Bernardo O'Higgins 530	Talagante	2002	Moderado
18	21 de Mayo 1500	Talagante	1992	Elevado
19	Bernardo O'Higgins 3006	Talagante	1998	Moderado

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Características de las estaciones de servicio.

Como se puede observar en la tabla anterior, once estaciones de servicio comenzaron a funcionar antes del año 1997, por lo que se asume que la carga contaminante que podrían generar es elevada. El resto de las estaciones comenzaron a funcionar en años posteriores por lo cual la carga asignada es moderada.

Una vez establecido el nivel de carga contaminante, se ha determinado el nivel de peligro potencial que cada estación genera. Para lo anterior se ha procedido a mapear las estaciones de servicio junto con la vulnerabilidad del área de estudio (ver el mapa n° 25). Los valores que asume cada estación y el nivel de peligro que genera cada una de ellas se puede observar en la siguiente tabla (ver la tabla n° 29).

**Tabla n° 29**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>N° de la estación</b>	<b>Carga contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
1	Elevado	Alta	Alto
2	Elevado	Alta	Alto
3	Elevado	Alta	Alto
4	Moderado	Media	Moderado
5	Moderado	Media	Moderado
6	Moderado	Alta	Alto
7	Elevado	Media	Alto
8	Moderado	Alta	Alto
9	Elevado	Alta	Alto
10	Elevado	Media	Alto
11	Elevado	Alta	Alto
12	Elevado	Alta	Alto
13	Elevado	Alta	Alto
14	Moderado	Alta	Alto
15	Moderado	Alta	Alto
16	Elevado	Alta	Alto
17	Moderado	Alta	Alto
18	Elevado	Alta	Alto
19	Moderado	Alta	Alto

MAPA 25  
ESTACIONES DE SERVICIO

Como se puede observar en el mapa n° 25, las estaciones de servicio se encuentran ubicadas en las zonas urbanas de las comunas correspondientes a la provincia. Estas áreas con excepción de gran parte de la zona urbana de la comuna de Padre Hurtado, corresponden a zonas de alta vulnerabilidad a la contaminación.

Solamente cuatro estaciones de servicio se encuentran ubicadas en zonas de vulnerabilidad media. Estas son las estaciones n° 4, n° 5 y n° 7 que se encuentran en la zona urbana de la comuna de Padre Hurtado, y la estación n° 10 que se encuentra ubicada en la zona urbana de la comuna de Peñaflor.

De estas estaciones solamente la n° 4 y n° 5, poseen una generación de carga contaminante moderada. Lo cual explica que sean las únicas estaciones que generan un peligro potencial de contaminación moderado. De las estaciones restantes, si bien una parte de ellas poseen una generación de carga contaminante moderada, estas se ubican en zonas de la provincia con alta vulnerabilidad a la contaminación. Esto explica el hecho que la mayor parte de las estaciones de servicio generen un peligro potencial de contaminación alto en el área de estudio.

#### VI.5.1.1.2 Consumos propios

Los consumos propios son designados por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) como aquellos almacenamientos de combustibles destinados a abastecer a particulares. Es el caso de aquellos contenedores ubicados en edificios, condominios, e industrias etc.

Debido a las características de los combustibles líquidos se han determinado dos niveles de generación potencial de carga contaminante para los consumos propios ubicados en el área de estudio, los cuales son: elevado y moderado. El criterio para establecer el nivel de generación de carga para cada contenedor se puede observar en la siguiente tabla: (ver la tabla n° 30).

**Tabla n° 30**

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS CONSUMOS PROPIOS</b>	
<b>Ubicación del estanque de almacenamiento</b>	<b>Carga contaminante</b>
Enterrado	Elevado
En superficie	Moderado

Fuente: P. Toro 2003. Evaluación del riesgo de contaminación de la parte norte del acuífero de Santiago.

De esta manera, para la provincia de Talagante se pudo obtener la información correspondiente a 19 consumos propios. Las características de cada contenedor así como también el nivel de generación potencial de carga contaminante de cada uno de ellos, se puede observar en la tabla n° 31 (ver la tabla n° 31).

Así como se puede observar, once de los estanques de consumos propios en la provincia se encuentran sobre la superficie obteniendo un nivel de generación de carga moderado, el resto de los estanques se encuentran enterrados siendo su nivel de generación de carga elevado.



**Tabla n° 31**

<b>POTENCIAL GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE DE LOS CONSUMOS PROPIOS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>				
<b>N° del C. propio</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comuna</b>	<b>Tipo de estanque</b>	<b>Carga contaminante</b>
1	San Miguel 402	El Monte	Enterrado	Elevado
2	San Miguel 715	El Monte	Enterrado	Elevado
3	Santelices 232	Isla de Maipo	Enterrado	Elevado
4	Izaga 1170	Isla de Maipo	Superficie	Moderado
5	Santelices 1830	Isla de Maipo	Superficie	Moderado
6	Primera Avenida 465	Padre Hurtado	Superficie	Moderado
7	Camino a Melipilla 2100	Padre Hurtado	Enterrado	Elevado
8	Francisco Bilbao 688	Peñaflor	Superficie	Moderado
9	12 de Septiembre 3103	Peñaflor	Superficie	Moderado
10	La Concordia 575	Peñaflor	Superficie	Moderado
11	Manuel Castillo 850	Peñaflor	Enterrado	Elevado
12	Miraflores 894	Peñaflor	Superficie	Moderado
13	Vicuña Mackenna 1284	Peñaflor	Superficie	Moderado
14	Vicuña Mackenna 3957	Peñaflor	Enterrado	Elevado
15	Manuel Rodríguez 02	Talagante	Superficie	Moderado
16	Bernardo O'Higgins 128	Talagante	Superficie	Moderado
17	Bernardo O'Higgins 3003	Talagante	Enterrado	Elevado
18	Bernardo O'Higgins 3006	Talagante	Superficie	Moderado
19	Esmeralda 940	Talagante	Superficie	Moderado

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). Características de los consumos propios.

Una vez establecido los niveles de carga se ha procedido a mapear los estanques de consumos propios junto con la vulnerabilidad del área de estudio, con el objeto de conocer el peligro generado por cada estanque (ver el mapa n° 26). En este mapa se puede observar que los estanques de consumos propios al igual que las estaciones de servicio, se encuentran ubicados en las zonas urbanas de las comunas correspondientes a la provincia de Talagante. Estas áreas con excepción de gran parte de la zona urbana de la comuna de Padre Hurtado, corresponden a zonas de alta vulnerabilidad a la contaminación.

Solamente tres estanques de consumos propios se encuentran ubicados en zonas de vulnerabilidad media. Estos son los estanques n° 6 y n° 7 que se encuentran en la comuna de Padre Hurtado, y el estanque n° 11 ubicado en la comuna de Peñaflor. De estos tres estanques, el n° 6 es el único que posee un nivel de generación de carga contaminante moderado al ser un estanque que se encuentra en la superficie.

Lo anterior, explica la razón por la cual el estanque n° 6 es el único que genera un peligro potencial de contaminación moderado. El resto de los estanques si bien poseen niveles de generación de carga moderado o elevado, se ubican en zonas de alta vulnerabilidad a la contaminación, por lo cual el peligro potencial de contaminación que generan en el área de estudio, es alto.

De esta manera, las características de los estanques de consumos propios de combustibles del área de estudio, así como también los niveles de peligro que genera cada uno de ellos se pueden observar en la tabla n° 32 (ver la tabla n° 32).

MAPA 26  
CONSUMOS PROPIOS

Tabla n° 32

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS CONSUMOS PROPIOS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>							
N° del c. propio	Carga contaminante	Vulnera.	Peligro	N° del c. propio	Carga contaminante	Vulnera.	Peligro
1	Elevado	Alta	Alto	11	Elevado	Media	Alto
2	Elevado	Alta	Alto	12	Moderado	Alta	Alto
3	Elevado	Alta	Alto	13	Moderado	Alta	Alto
4	Moderado	Alta	Alto	14	Elevado	Alta	Alto
5	Moderado	Alta	Alto	15	Moderado	Alta	Alto
6	Moderado	Media	Moderado	16	Moderado	Alta	Alto
7	Elevado	Media	Alto	17	Elevado	Alta	Alto
8	Moderado	Alta	Alto	18	Moderado	Alta	Alto
9	Moderado	Alta	Alto	19	Moderado	Alta	Alto
10	Moderado	Alta	Alto				

#### VI.5.1.2 Peligro potencial de contaminación generado por los Vertederos Ilegales de Residuos Sólidos (VIRS)

En la provincia de Talagante, una de las potenciales fuentes de contaminación para las aguas subterráneas son los Vertederos Ilegales de Residuos Sólidos (VIRS). La potencial carga de contaminación que podrían generar estos VIRS, se ha determinado mediante el índice de generación de carga contaminante del método POSH, el cual determina el nivel de generación de carga considerando el origen de los desperdicios y la magnitud de la precipitación anual en la zona (ver la tabla n° 33).

Tabla n° 33

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>			
Origen de desperdicios	Lluvia anual (mm)		
	< 200	200 – 1000	>1000
Residencial	Reducido	Reducido	Moderado
Hospitales	Reducido	Moderado	Reducido
Industrial (I)	Reducido	Reducido	Moderado
Industrial (II)	Reducido	Moderado	Elevado
Industrial (III)	Reducido	Moderado	Elevado
Desconocido	Reducido	Elevado	Elevado

Fuente: S. Foster & R. Hirata.1988. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; una metodología basada en datos existentes.

- **Industrial (I):** Corresponden a residuos peligrosos, tales como residuos corrosivos, reactivos, tóxicos o patógenos, y presentan riesgo para la salud pública cuando son manipulados y dispuestos inadecuadamente.
- **Industrial (II):** Corresponden a residuos no inertes que no pertenecen a la clase I ni III.
- **Industrial (III):** corresponden a residuos inertes, sólidos de baja solubilidad que generan un lixiviado dentro de las concentraciones recomendadas para el agua potable.

De acuerdo al Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), en la provincia de Talagante existirían cuatro VIRS importantes debido a su extensión, y al volumen de desperdicios que acumulan. Las características específicas de cada uno de ellos, así como también la potencial generación de carga contaminante que podrían generar, se puede observar en la siguiente tabla (ver la tabla n° 34).

**Tabla n° 34**

<b>GENERACIÓN POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DE LOS VIRS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>							
<b>N°</b>	<b>Dirección</b>	<b>Comuna</b>	<b>Propietario</b>	<b>Dimensión (Ha)</b>	<b>Tipo de residuo</b>	<b>Prec. (mm/año)</b>	<b>Carga contaminante</b>
1	Av. 5 de Abril con B. O'Higgins	Isla de Maipo	I.M. de Isla de Maipo	2	Domiciliarios, industriales y escombros	200 – 1000	Elevado
2	Camino a Melipilla 1321	Padre Hurtado	FF.CC.	1.5	Industriales y escombros	200 – 1000	Elevado
3	Manuel Rodríguez S/N	Peñaflor	I.M. de Peñaflor	8	Escombros	200 – 1000	Moderado
4	Eyzaguirre con Río Maipo	Talagante	MOP dirección de vialidad	4	Domiciliarios	200 - 1000	Reducido

Fuente: SESMA 2009, Catastro de vertederos ilegales de residuos sólidos.

Como se puede observar en la tabla anterior, el vertedero n° 1 y 2 presentan residuos industriales. Lamentablemente en la información del catastro del SESMA no se especifica el tipo de residuo industrial, por lo cual se les han asignado a estos vertederos el valor de generación de carga correspondiente a residuos industriales desconocidos. Por esta razón se ha considerado que el nivel de generación de carga para los vertederos n° 1 y 2 es elevado.

Una vez establecida la generación de carga contaminante, se mapearon los vertederos junto a la vulnerabilidad del área de estudio para conocer en definitiva el peligro potencial de contaminación generado por cada VIRS. Los resultados obtenidos se pueden observar en el mapa n° 27 y en la tabla n° 35 (ver la tabla n° 35 y el mapa n° 27).

De esta manera, como se puede observar en la tabla n° 35, el VIRS n° 4 a pesar de ubicarse en un área de alta vulnerabilidad a la contaminación, es el único que genera un nivel de carga contaminante reducido. Esto es el motivo por el cual su generación de peligro es moderado. El resto de los VIRS, si bien se encuentran ubicados en zonas de vulnerabilidad media y alta, su nivel de generación de carga es elevado y moderado por lo cual sus niveles de peligro potencial son altos.

**Tabla n° 35**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN GENERADO POR LOS VIRS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>N° del VIRS</b>	<b>Carga Contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
1	Elevado	Media	Alto
2	Elevado	Media	Alto
3	Moderado	Alta	Alto
4	Reducido	Alta	Moderado

MAPA N° 27  
VIRS

### VI.5.1.3 Peligro potencial de contaminación generado por el saneamiento *in situ*

El saneamiento *in situ*, corresponde a aquellos sistemas de saneamiento en los cuales no se cuenta con cobertura de alcantarillado. Estos sistemas tales como las letrinas o fosos sépticos, funcionan mediante la percolación de efluentes líquidos directamente a la tierra.

Estos sistemas si son utilizados en zonas con una alta densidad poblacional y un subsuelo muy permeable, pueden traer como consecuencia la contaminación de la napa principalmente por componentes nitrogenados y contaminantes microbiológicos.

Para la determinación del nivel de generación de carga contaminante debido al saneamiento *in situ* en la provincia de Talagante, se ha utilizado el índice de generación de carga del método POSH. Este método determina tres niveles de generación de carga utilizando como criterio la densidad de la población, y el nivel de cobertura del sistema de alcantarillado (ver la tabla n° 36).

**Tabla n° 36**

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS SISTEMAS DE SANEAMIENTO DEL MÉTODO POSH</b>	
<b>Nivel de carga</b>	<b>Densidad y cobertura de alcantarillado</b>
Elevado	Cobertura del sistema de alcantarillado <25% y densidad de población superior a 100 hab/ha
Moderado	Cobertura y densidad con valores intermedios entre los niveles de generación de carga alta y baja
Reducido	Cobertura del sistema de alcantarillado >75% y densidad de población inferior a 50 hab/ha

Fuente: Stephen Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

En la provincia de Talagante, la empresa que se encuentra a cargo de la distribución del servicio de agua potable y de la cobertura de alcantarillado es Aguas Andinas S.A. Los niveles de cobertura de estos servicios en la provincia, de acuerdo a los datos de esta empresa y a los datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios se pueden observar en la tabla n° 37 y 38 (ver las tablas n° 37 y 38).

Una vez conocidos los niveles de cobertura de los servicios de alcantarillado en la provincia, se procedió a determinar los niveles de carga contaminante para cada una de las comunas de acuerdo a lo estipulado en la tabla n° 36. De esta manera, los niveles de carga contaminante generadas en cada una de ellas se pueden observar en las tablas n° 39 y 40 (ver las tablas n° 39 y 40).

Tabla n° 37

<b>NIVELES DE COBERTURA DE AGUA POTABLE EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>									
Localidad	Empresa	Clientes residenciales de agua potable	Inmuebles residenciales no conectados a la red de agua potable			Total de inmuebles residenciales	Población urbana estimada	Población urbana abastecida	Cobertura de agua potable (%)
			Frente a red	No frente a red	Total				
El Monte-El Paico	Aguas Andinas	5468	0	0	0	5468	19600	19600	100
Isla de Maipo	Aguas Andinas	2479	0	0	0	2479	9169	9169	100
Malloco-Peñaflor	Aguas Andinas	19525	0	0	0	19525	74181	74181	100
Padre Hurtado	Aguas Andinas	7325	0	0	0	7325	32279	32279	100
Talagante	Aguas Andinas	12703	0	0	0	12703	50821	50821	100

Fuente: Superintendencia de servicios sanitarios (SISS), estadísticas de cobertura de agua potable y alcantarillado.

Tabla n° 38

<b>NIVELES DE COBERTURA DE ALCANTARILLADO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>									
Localidad	Empresa	Clientes residenciales de alcantarillado	Inmuebles residenciales no conectados a la red de alcantarillado			Total de inmuebles residenciales	Población urbana estimada	Población urbana saneada	Cobertura de alcantarillado (%)
			Frente a colector	No frente a colector	Total				
El Monte-El Paico	Aguas Andinas	4368	209	891	1100	5468	19600	15657	79.9
Isla de Maipo	Aguas Andinas	0	0	2479	2479	2479	9169	0	0
Malloco-Peñaflor	Aguas Andinas	18386	535	604	1139	19525	74181	69854	94.2
Padre Hurtado	Aguas Andinas	7014	81	230	311	7325	32279	30909	95.8
Talagante	Aguas Andinas	12036	387	280	667	12703	50821	48153	94.7

Fuente: Superintendencia de servicios sanitarios (SISS), estadísticas de cobertura de agua potable y alcantarillado.

**Tabla n° 39**

<b>GENERACIÓN POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DEBIDO AL SANEAMIENTO IN SITU EN LAS ZONAS URBANAS DE LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>						
<b>Comunas</b>	<b>Pob. urbana estimada</b>	<b>Pob. urbana saneada</b>	<b>Superficie urbana (ha)</b>	<b>Densidad (hab/ha)</b>	<b>Cobertura de alcantarillado (%)</b>	<b>Carga zona urbana</b>
P. Hurtado	32279	30909	436	74.03	95.8	Reducido
Peñaflor	74181	69854	822	90.24	94.2	Reducido
Talagante	50821	48153	520	97.73	94.7	Reducido
El Monte	19600	15657	429	45.68	79.9	Reducido
I De Maipo	9169	0	404	22.69	0	Elevado

**Tabla n° 40**

<b>GENERACIÓN POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DEBIDO AL SANEAMIENTO IN SITU EN LAS ZONAS RURALES DE LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>						
<b>Comunas</b>	<b>Pob. rural</b>	<b>Pob. rural saneada</b>	<b>Superficie rural (ha)</b>	<b>Densidad (hab/ha)</b>	<b>Cobertura de alcantarillado (%)</b>	<b>Carga zona rural</b>
P. Hurtado	4511	0	7644	0.59	0	Moderado
Peñaflor	3410	0	6098	0.56	0	Moderado
Talagante	9848	0	12030	0.82	0	Moderado
El Monte	4175	0	11381	0.37	0	Moderado
I De Maipo	6933	0	18466	0.38	0	Moderado

Como se puede observar en las tablas anteriores, se han determinado los niveles de carga contaminante para las zonas urbanas y rurales de la provincia. Estas zonas presentan grandes diferencias en cuanto a la cantidad de habitantes y a los niveles de cobertura de alcantarillado.

En las zonas urbanas de la provincia es donde se concentra la mayor parte de la población de las comunas que la constituyen, esto lo demuestra la alta densidad poblacional de las zonas urbanas que van desde los 97 hab/ha en la comuna de Talagante, a los 22 hab/ha en la comuna de Isla de Maipo.

Sin embargo, es en las zonas urbanas en donde la cobertura de alcantarillado es mayor. De esta manera, se puede observar que en las comunas de Padre Hurtado, Peñaflor y Talagante, la cobertura supera el 90% de la población urbana estimada, y en la comuna de El Monte se alcanza al 80% de cobertura.

Por lo tanto a pesar de que las zonas urbanas presentan una alta densidad de población, se ha determinado que los niveles de generación potencial de carga contaminante en ellas son reducidos, debido a los altos niveles de cobertura de alcantarillado que presentan. Solamente la zona urbana de Isla de Maipo presenta un nivel elevado de generación de carga por que en ella no se cuenta con cobertura de alcantarillado.



En las zonas rurales de la provincia la densidad de población es mucho menor, no alcanzando siquiera a 1 hab/ha, sin embargo, en estas zonas no se cuenta con cobertura de alcantarillado. Debido a esto, se ha considerado que a pesar de la baja densidad de población, estas zonas presentan un nivel de generación potencial de carga moderado.

Una vez determinado los niveles de generación de carga contaminante, se ha procedido a determinar el peligro potencial. Para esto se ha superpuesto la información de los niveles de generación de carga con los niveles de vulnerabilidad del área de estudio. De esta manera, las áreas resultantes se han representado en un mapa de peligro potencial de contaminación (ver el mapa n° 28).

Para una mayor comprensión de los resultados obtenidos, se han diferenciado las distintas áreas de peligro y se les ha denominado como zonas. Los resultados obtenidos por cada una de ellas pueden ser observados en la siguiente tabla y en el mapa n° 28 (ver la tabla n° 41 y el mapa n° 28).

**Tabla n°41**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DEBIDO AL SANEAMIENTO IN SITU EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>					
<b>Zonas</b>	<b>Comunas</b>	<b>Tipo de zona</b>	<b>Carga contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
A1	Padre Hurtado	Urbana	Reducido	Alta	Moderado
A2	Padre Hurtado	Rural	Moderado	Alta	Alto
A3	Padre Hurtado	Rural	Moderado	Media	Moderado
A4	Padre Hurtado	Urbana	Reducido	Media	Bajo
B1	Peñaflor	Urbana	Reducido	Alta	Moderado
B2	Peñaflor	Urbana	Reducido	Media	Bajo
B3	Peñaflor	Rural	Moderado	Media	Moderado
B4	Peñaflor	Rural	Moderado	Alta	Alto
C1	Talagante	Urbana	Reducido	Alta	Moderado
C2	Talagante	Rural	Moderado	Alta	Alto
C3	Talagante	Rural	Moderado	Media	Moderado
C4	Talagante	Rural	Moderado	Baja	Bajo
D1	El Monte	Urbana	Reducido	Alta	Moderado
D2	El Monte	Rural	Moderado	Alta	Alto
E1	Isla de Maipo	Urbana	Elevado	Alta	Alto
E2	Isla de Maipo	Rural	Moderado	Alta	Alto
E3	Isla de Maipo	Rural	Moderado	Media	Moderado
E4	Isla de Maipo	Rural	Moderado	Baja	Bajo

MAPA 28  
SANEAMIENTO IN SITU

Como se puede observar en la tabla anterior y en el mapa n° 28, las zonas urbanas de la provincia que se encuentran en áreas de alta vulnerabilidad presentan un nivel de peligro de contaminación moderado, esto se debe al nivel de vulnerabilidad y a sus niveles de generación de carga contaminante los cuales son reducidos.

En el caso de la zona urbana de la comuna de Padre Hurtado, prácticamente la totalidad de ella se encuentra en un área de vulnerabilidad media, en la misma situación se encuentra una parte de la zona urbana de la comuna de Peñaflores. Estas zonas por tener un nivel de generación de carga contaminante reducido poseen un bajo peligro potencial.

La zona de alto peligro a la contaminación que se observa, y que abarca a gran parte de la provincia, corresponde a las zonas rurales que poseen un nivel de generación de carga contaminante moderado y que se encuentra en un área de alta vulnerabilidad. Aquellas zonas rurales que se encuentran en un área de vulnerabilidad media poseen un peligro potencial moderado.

Esto último se puede observar en la zona este de la provincia y en la rinconada de la zona oeste de la comuna de Padre Hurtado, y en las rinconadas de la comuna de Isla de Maipo en la zona sur de la provincia. También se pueden observar unas zonas de bajo peligro potencial en la comuna de Talagante y en la comuna de Isla de Maipo. Estas zonas corresponden a zonas rurales las cuales poseen un nivel de generación de carga moderado y se encuentran en áreas de baja vulnerabilidad.

#### VI.5.1.4 Peligro potencial de contaminación generado por los recintos hospitalarios

Los recintos hospitalarios podrían generar episodios de contaminación de aguas subterráneas debido a los residuos que generan, y porque además, en ellos se manipulan sustancias de alta peligrosidad. Sin embargo, si estos cuentan con sistemas de alcantarillado se considera que la generación de carga contaminante generada por estos recintos es reducido.

Debido a esto, para la determinación de la carga contaminante de los recintos hospitalarios y de los centros de atención de salud en la provincia de Talagante, se ha considerado como criterio al tipo de establecimiento, y la cobertura de alcantarillado (ver la tabla n° 42).

**Tabla n° 42**

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS RECINTOS HOSPITALARIOS</b>		
<b>Tipos de establecimiento</b>	<b>Con cobertura de alcantarillado</b>	<b>Sin cobertura de alcantarillado</b>
Hospitales	Reducido	Moderado
Consultorios y postas	Reducido	Reducido

De esta manera el nivel de generación de carga contaminante de cada uno de los recintos hospitalarios de la provincia de Talagante se puede observar en la siguiente tabla: (ver tabla n° 43).

**Tabla n° 43**

<b>GENERACIÓN POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE DE LOS RECINTOS HOSPITALARIOS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>				
<b>N° del recinto</b>	<b>Tipo de recinto</b>	<b>Comuna</b>	<b>Cobertura de alcantarillado</b>	<b>Carga</b>
1	Hospital	Peñaflor	Con cobertura	Reducido
2	Hospital	Talagante	Con cobertura	Reducido
3	Consultorio general urbano	Padre Hurtado	Con cobertura	Reducido
4	Consultorio general rural	El Monte	Con cobertura	Reducido
5	Consultorio general urbano	Isla de Maipo	Sin cobertura	Reducido
6	Posta de salud rural	Isla de Maipo	Sin cobertura	Reducido
7	Posta de salud rural	Isla de Maipo	Sin cobertura	Reducido
8	Posta de salud rural	Isla de Maipo	Sin cobertura	Reducido
9	Consultorio general urbano	Talagante	Con cobertura	Reducido
10	Posta de salud rural	Isla de Maipo	Sin cobertura	Reducido
11	Consultorio general urbano	Peñaflor	Con cobertura	Reducido
12	Consultorio general rural	Padre Hurtado	Con cobertura	Reducido

Una vez determinado los niveles de generación de carga contaminante de cada establecimiento, se procedió a determinar el nivel de peligro potencial que genera cada uno de ellos. Para esto, se ha considerado además de los niveles de generación de carga, la vulnerabilidad de las áreas en las cuales se ubica cada establecimiento (ver la tabla n° 44 y el mapa n° 29).

**Tabla n° 44**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DEBIDO A LOS RECINTOS HOSPITALARIOS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>N° del recinto</b>	<b>Carga contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
1	Reducido	Alta	Moderado
2	Reducido	Alta	Moderado
3	Reducido	Media	Bajo
4	Reducido	Alta	Moderado
5	Reducido	Alta	Moderado
6	Reducido	Alta	Moderado
7	Reducido	Alta	Moderado
8	Reducido	Alta	Moderado
9	Reducido	Alta	Moderado
10	Reducido	Alta	Moderado
11	Reducido	Alta	Moderado
12	Reducido	Media	Bajo

MAPA N° 29  
HOSPITALES

Como se puede observar en el mapa anterior y en la tabla n° 44, diez de los establecimientos evaluados generan un moderado peligro potencial de contaminación. Esto se debe a que los dos hospitales considerados (el recinto n° 1 y n° 2) se encuentran en las zonas urbanas de las comunas a las cuales pertenecen, y cuentan con cobertura de alcantarillado, y además, se encuentran ubicados en zonas de alta vulnerabilidad.

El resto de los recintos corresponden a postas y consultorios, por lo cual, su nivel de generación de carga es reducido y también se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad. Solamente los recintos n° 3 y n° 12 generan un peligro potencial bajo de contaminación, lo cual se explica por el tipo de recinto por lo que obtienen un nivel de generación de carga contaminante reducido, y porque se encuentran ubicados en zonas de vulnerabilidad media.

#### VI.5.1.5 Peligro potencial de contaminación generado por los cementerios

En la actualidad, los cementerios si bien son espacios los cuales pueden llegar a ser receptores de un gran número de cadáveres, no todos ellos son sepultados bajo tierra. Además, se considera que si llegaran a generar un tipo de carga contaminante, esta sería de carácter microbiológica la cual sería muy reducida sobretodo si se utiliza algún tipo de impermeabilizante, o si los ataúdes son de materiales resistentes a la corrosión Foster *et al* (2002).

Considerando lo anterior la clasificación de actividades del método POSH, considera que los cementerios tienen un nivel de generación de carga contaminante reducido. De esta manera, el nivel de generación de carga contaminante, y el peligro potencial de contaminación de los cementerios de la provincia de Talagante se pueden observar en la siguiente tabla y en el mapa n° 30 (ver la tabla n° 45 y el mapa n° 30).

**Tabla n° 45**

<b>PELIGRO POTENCIAL DEBIDO A LOS CEMENTERIOS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>					
<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Comuna</b>	<b>Carga contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
1	Padre Hurtado	Peñaflor	Baja	Media	Bajo
2		Talagante	Baja	Alta	Moderado
3	Cementerio Municipal	El Monte	Baja	Alta	Moderado
4		Isla de Maipo	Baja	Alta	Moderado

Como se puede observar en la tabla anterior y en el mapa n° 30, tres de los cuatro cementerios evaluados, generan un peligro potencial moderado, esto se debe a sus niveles de generación de carga, y además, a que se encuentran ubicados en zonas de alta vulnerabilidad. Solamente el cementerio n° 1 genera un peligro potencial bajo porque se encuentra ubicado en una zona de vulnerabilidad media.

MAPA N° 30  
CEMENTERIOS

**VI.5.2 Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas generado por las vías de transporte en el área de estudio**

Las vías de transporte, no son generadoras de cargas contaminantes por sí mismas, son consideradas porque a través de estas vías se trasladan materiales que podrían llegar a contaminar las aguas subterráneas si estos materiales son derramados, o si se produce un accidente en que se involucren a los vehículos que los transportan.

Debido a que la ocurrencia de este tipo de accidentes afortunadamente no es frecuente, se debe considerar que el nivel de generación potencial de carga contaminante en ellas es moderado, a menos de que exista estadística que indiquen lo contrario en ciertas vías, lo cual sería justificado determinar para estos casos un nivel de generación de carga elevado (Foster *et al* 2002).

De esta manera, para determinar el nivel de generación de carga contaminante, y el peligro potencial de las vías de transporte en la provincia de Talagante, se procedió a clasificar las vías. En esta clasificación se considero que las autopistas y las carreteras pavimentadas, son las principales rutas ya que son de una gran extensión, y sus infraestructuras permiten la circulación de vehículos de transporte de materiales.

El resto de las rutas se han considerado como secundarias, ya que son de carácter local y de una infraestructura menor. De esta manera, el nivel de generación de carga contaminante y el peligro potencial asociado de las rutas en el área de estudio se puede observar en la siguiente tabla y en el mapa n° 31 (ver la tabla n° 46 y el mapa n° 31).

**Tabla n° 46**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DEBIDO A LAS VÍAS DE TRANSPORTE EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>Tipo de vía</b>	<b>Carga</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
Autopistas	Moderado	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Pavimentado 2 o más vías	Moderado	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Sin pavimentar 2 o más vías	Reducido	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Pavimentado 1 vía	Reducido	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Sin pavimentar 1 vía	Reducido	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo



MAPA N° 31  
VIAS DE TRANSPORTE

Como se puede observar en el mapa n° 31, una de las principales vías de transporte en la provincia de Talagante, corresponde a la ruta 78. Esta vía es una carretera pavimentada por donde circulan una gran cantidad de vehículos. El nivel de peligro que presenta esta vía es alto en casi la totalidad del trayecto por encontrarse emplazada en una zona de alta vulnerabilidad (ver el mapa n° 31).

Solamente en la zona norte de la provincia la ruta 78 adquiere un nivel de peligro moderado, en esta parte del trayecto correspondiente a la comuna de Peñaflor, esta ruta se encuentra emplazada en una zona de vulnerabilidad media.

El resto de los caminos son de carácter local, y tienen un nivel de peligro moderado cuando se encuentran emplazados en zonas de alta vulnerabilidad y un nivel de peligro bajo cuando se encuentran en zonas de vulnerabilidad media y baja.

### **VI.5.3** *Peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas debido a la actividad industrial*

La actividad industrial, es una de las actividades que podría generar graves episodios de contaminación debido a los altos volúmenes de residuos y sustancias que se manejan en sus procesos productivos. Las sustancias que podrían llegar a contaminar las aguas son diversas, dependiendo del tipo de industria de la cual se trate.

Uno de los tipos de residuos que genera la actividad industrial y que pueden generar episodios de contaminación de aguas son los efluentes líquidos, denominados como Residuos Industriales Líquidos (RIL). Si bien la descarga de riles al alcantarillado se encuentra normado por la NCH/609 y reciben tratamiento antes de ser descargados, existen industrias que evacuan sus residuos directamente hacia el suelo, o cuerpos de agua como a ríos o canales.

De esta manera, el método POSH realiza una clasificación general de las actividades industriales agrupándolas en tres grupos, de acuerdo a su nivel de generación potencial de carga contaminante. La estimación de este nivel de generación de carga contaminante se hace considerando el tipo de sustancia que genera cada actividad, y los volúmenes de agua utilizados en sus procesos productivos (ver la tabla n° 47).

Para el caso de la provincia de Talagante, se ha utilizado el índice de generación de carga contaminante del método POSH, pero además, también se ha considerado la información de los volúmenes de descarga, y el cuerpo receptor de descarga de las industrias ubicadas en el área de estudio, para aquellos casos en donde esta información se encuentra disponible.

De esta manera, la información de las industrias generadoras de residuos industriales líquidos ubicadas en la provincia de Talagante se puede observar en la tabla n° 48 (ver la tabla n° 48).

Tabla n° 47

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL DEL MÉTODO POSH</b>	
<b>Nivel de generación de carga</b>	<b>Tipo de industria</b>
Elevado	Talleres mecánicos, refinerías de gas y petróleo, manufacturas de pesticidas, plásticos, productos farmacéuticos y químicos, curtidurías, fábrica de productos electrónicos, procesamiento de metal
Moderado	Fábrica de caucho, pulpa y papel, textiles, artículos eléctricos, fertilizantes, detergentes y jabones
Reducido	Carpinterías, fábrica de alimentos y bebidas, destilerías de alcohol y azúcar, procesamiento de materiales no metálicos

Fuente: Stephen Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

Tabla n° 48

<b>INDUSTRIAS GENERADORAS DE RILES EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>					
<b>N°</b>	<b>Industria</b>	<b>CIU</b>	<b>Rubro según CIU</b>	<b>Descarga (m<sup>3</sup>/mes)</b>	<b>Cuerpo receptor</b>
1	Degesh de Chile ltda.	3512203	Fabricación de plaguicidas, insecticidas, fungicidas y herbicidas	≥ 300	Suelo
2	Campanil s.a.	34203	Fabricación de tarjetas, sobres y papel de escribir con membrete	≥ 300	Alcantarillado
3	Cristalerías de Chile	36201	Fabricación de vidrios planos y templados	3096.864	Canal, alcantarillado
4	Bata s.a	3211309	Manufacturera de caucho, tejidos y cueros	2542.464	Alcantarillado
5	Alberto I. Donaire	31115	Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carne	1233.504	Alcantarillado
6	Cecinas la Montina	31115	Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carne	1685.664	Alcantarillado
7	Malterías Unidas s.a	31219	Industrias alimenticias no clasificadas en otra parte.	1462.752	Río, alcantarillado
8	Viña Undurraga	31321	Fabricación de vinos	≥ 300	Canal
9	Agro. El Paico	31111	Matanza de ganado	≥ 300	S/I
10	Viña Tarapaca	31321	Fabricación de vinos	8623.872	S/I

S/I = Sin información disponible.

Fuente: Figueiredo Ferraz Consultoría e Ingeniería de Proyectos 1998. Actualización del catastro nacional de residuos industriales líquidos del año 1992.

De acuerdo a los antecedentes obtenidos de cada una de las empresas del área de estudio se ha procedido a determinar el peligro potencial de contaminación de aguas subterráneas que cada una de ellas es capaz de generar. Los resultados obtenidos se han representado en un mapa y también pueden ser observados en la siguiente tabla (ver la tabla n° 49 y el mapa n° 32).

**Tabla n° 49**

<b>PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DEBIDO A LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>					
<b>N°</b>	<b>Industria</b>	<b>Comuna</b>	<b>Carga contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
1	Degesh de Chile Ltda.	P. Hurtado	Elevado	Alta	Alto
2	Campanil s.a.	P. Hurtado	Reducido	Media	Bajo
3	Cristalerías de Chile	P. Hurtado	Elevado	Media	Alto
4	Bata s.a	Peñaflor	Moderado	Alta	Alto
5	Alberto I. Donaire	Talagante	Reducido	Alta	Moderado
6	Cecinas la Montina	Talagante	Reducido	Alta	Moderado
7	Malterías Unidas s.a	Talagante	Moderado	Alta	Alto
8	Viña Undurraga	Talagante	Moderado	Alta	Alto
9	Agro. El Paico	El Monte	Moderado	Alta	Alto
10	Viña Tarapacá	I de Maipo	Elevado	Alta	Alto

Como se puede observar en la tabla anterior y en el mapa n° 32, solamente la empresa n° 2 tiene un nivel de generación de peligro potencial bajo. Si bien no se conoce el volumen exacto de los residuos líquidos que esta empresa descarga, sabemos que vierte sus residuos líquidos en la red de alcantarillado, y que su volumen de descarga supera o es igual a los 300 m<sup>3</sup>/mes. Además, de acuerdo al índice de generación de carga contaminante del método POSH, este tipo de empresas genera un nivel de carga contaminante moderado.

Debido a lo anterior, se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es reducido, y dado a que se encuentra ubicada en una zona de vulnerabilidad media, se ha determinado que sus residuos líquidos generan un peligro potencial bajo.

En el caso de las empresas n° 5 y n° 6 las cuales de acuerdo a su rubro se dedican a la fabricación de ciertos tipos de alimentos, estas están catalogadas por el índice de generación de carga del método POSH, como el tipo de empresas que generan un nivel de carga contaminante reducido. Además, si bien los volúmenes de descarga de estas empresas superan los 1000 m<sup>3</sup>/mes estos son vertidos a la red de alcantarillado.

Por estas razones, se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de las empresas n° 5 y n° 6 es reducido, y dado a que se encuentran ubicadas en zonas de alta vulnerabilidad a la contaminación, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que sus residuos líquidos generan es moderado.

La empresa n° 1, de acuerdo a su rubro esta dentro de aquellas empresas que tienen un nivel de generación de carga elevado según el índice de carga contaminante del método POSH. A pesar de no contar con la información del volumen exacto de sus residuos, sabemos que este volumen supera o es igual a los 300m<sup>3</sup>/mes y la descarga la hace directamente hacia el suelo.

Por estos motivos se ha considerado que el nivel de carga contaminante que genera esta empresa es elevado. Debido a esto y que además se encuentra ubicada en una zona de vulnerabilidad alta, se ha determinado que el peligro potencial que generan sus residuos es alto.

La empresa n° 3, esta catalogada dentro de aquellas actividades que generan un nivel de generación de carga reducido, de acuerdo al índice de carga contaminante del método POSH. Sin embargo, el volumen de sus residuos líquidos superan los 3000 m<sup>3</sup>/mes, y además, parte de sus residuos lo vierten a un canal.

Por estas razones, se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es elevado. Además, se encuentra ubicada en una zona de vulnerabilidad media, por lo cual se ha determinado que el nivel de peligro que generan sus residuos es alto.

La empresa n° 4, de acuerdo a su rubro se encuentra catalogada dentro de aquellas actividades que poseen un nivel de generación de carga contaminante moderado. Los volúmenes de sus residuos líquidos superan los 2000 m<sup>3</sup>/mes, sin embargo, estos son descargados hacia la red de alcantarillado.

Debido a lo anterior se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es moderado. Por lo tanto, estando ubicada esta empresa en una zona de vulnerabilidad alta, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que generan sus residuos es alto.

La empresa n° 7, esta clasificada dentro de aquellas actividades que producen un nivel reducido de carga contaminante, de acuerdo al índice de carga del método POSH. El volumen de sus residuos superan los 1000 m<sup>3</sup>/mes, y una parte de estos residuos lo descarga directamente en un río y otra parte a la red de alcantarillado.

Por esta razón se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es moderado. De esta manera, estando ubicada esta empresa en una zona de alta vulnerabilidad, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que generan sus residuos es alto.

La empresa n° 8, de acuerdo a su rubro se encuentra catalogada dentro de aquellas actividades con un nivel bajo de generación de carga contaminante. El volumen de sus residuos superan o es igual a los 300m<sup>3</sup>/mes y la descarga la realiza en un canal.

Debido a esto último se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es moderado. Por lo tanto, estando ubicada esta empresa en una zona de vulnerabilidad alta, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que generan sus residuos es alto.

MAPA N° 32  
ACTIVIDAD INDUSTRIAL

La empresa n° 9, se encuentra clasificada según su rubro dentro de aquellas actividades que generan un bajo nivel de carga contaminante. Los volúmenes de sus residuos superan o es igual a los 300m<sup>3</sup>/mes, sin embargo, se desconoce cual es el cuerpo receptor de sus descargas.

Debido a esto último, se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es moderada. Estando ubicada esta empresa en una zona de alta vulnerabilidad, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que producen estos residuos es alto.

La empresa n° 10, esta dentro de aquellas actividades que tienen un nivel bajo de generación de carga contaminante según el índice de carga del método POSH. Los volúmenes de sus residuos, superan los 8000m<sup>3</sup>/mes y se desconoce el cuerpo receptor de sus descargas.

Debido a esto último se ha considerado que el nivel de generación de carga contaminante de esta empresa es elevado. Además estando ubicada esta empresa en una zona de vulnerabilidad alta, se ha determinado que el nivel de peligro potencial que generan sus residuos es alto.

#### VI.5.4 Peligro potencial de contaminación generado por la actividad agrícola

Algunas prácticas agrícolas, pueden ser las causantes de importantes episodios de contaminación difusa hacia las aguas subterráneas, ya que esta actividad puede influir de manera importante en la calidad del agua de recarga y en la tasa de recarga hacia la napa en zonas cultivadas (Foster *et al* 2002).

De esta manera, las prácticas agrícolas relacionadas con extensas áreas de monocultivos son las que producen mayores problemas de contaminación. En cambio las prácticas agrícolas relacionadas con los cultivos de tipo permanente normalmente tienen pérdidas por lixiviados mucho menores que los de tipo anuales o estacionales (Foster *et al* 2002).

La carga contaminante que puede producir la actividad agrícola es diversa, y depende de las características de la actividad agrícola de la cual se trate. De esta manera, en la siguiente tabla se puede observar los principales tipos de contaminantes que puede producir esta actividad (ver la tabla n° 50).

**Tabla n° 50**

<b>PRINCIPALES TIPOS DE CONTAMINANTES QUE PRODUCE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA</b>	
<b>Tipo de actividad</b>	<b>Indicadores de contaminación</b>
Cultivo de la tierra/agroquímicos /irrigación	NO <sub>3</sub>
Cultivo con estiércol/lodo	NO <sub>3</sub> , CL
Cultivos con irrigación con aguas residuales	NO <sub>3</sub> ,CL (CF-SF)
Ganadería/cosechas/laguna de efluentes	COD, NO <sub>3</sub> , CL (COD = carbón orgánico disuelto)
Descarga de efluentes al terreno	COD, NO <sub>3</sub> ,CL
Descarga de efluentes a ríos	COD

Fuente: Stephen Foster *et al* 2002. Protección de la calidad del agua subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

De esta forma el método POSH, establece los niveles de generación potencial de carga contaminante debido a la actividad agrícola utilizando como criterio el tipo de cultivo, las características del suelo, y las condiciones de irrigación. Sin embargo, para establecer los niveles de generación de carga contaminante en la provincia de Talagante, se ha considerado el tipo de cultivo, y las características del riego.

Esto último, se debe principalmente a la información disponible y a la experiencia ya obtenida en trabajos anteriores. De esta manera, el criterio para establecer los niveles de generación de carga contaminante se puede observar en la siguiente tabla: (ver la tabla n° 51).

**Tabla n° 51**

<b>ÍNDICE DE GENERACIÓN DE CARGA CONTAMINANTE PARA LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA</b>	
<b>Nivel de generación de carga</b>	<b>Tipo de actividad agrícola</b>
Alta	Cultivos anuales; riego gravitatorio o mecánico mayor; calidad de aguas de riego mala o muy mala
Moderada	Cultivos anuales o permanentes; riego mecánico mayor; calidad del agua regular
Baja	Cultivos permanentes; microriego; calidad de aguas regular

#### VI.5.4.1 Tipos de cultivos en la provincia de Talagante

Como ya se ha mencionado, uno de los criterios para establecer los niveles de generación de carga contaminante debido a la actividad agrícola es el tipo de cultivo. Como se puede observar en la siguiente tabla y también en el mapa n° 34 pero de una manera menos detallada, en la provincia de Talagante entre los cultivos que podemos encontrar destacan los frutales, las plantas forrajeras, las hortalizas y los cereales (ver la tabla n° 52 y el mapa n° 33).

**Tabla n° 52**

<b>SUPERFICIE PLANTADA O SEMBRADA POR TIPO DE CULTIVO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>										
<b>Comuna</b>	<b>Cereales</b>		<b>Chacras</b>		<b>Cultivos industriales</b>		<b>Plantaciones forestales</b>		<b>Hortalizas</b>	
	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>
Talagante	1073.3	16.7	216.0	3.4	0.0	0.0	191.6	3.0	955.1	14.9
Peñaflor	226.6	8.7	103.3	3.9	1.0	0.0	95.5	3.6	271.4	10.4
I de Maipo	814.6	12.0	101.1	1.5	37.0	0.5	375.0	5.5	650.9	9.6
El Monte	754.0	14.9	275.2	5.5	0.0	0.0	130.6	2.6	1857.0	36.8
P. Hurtado	650.9	18.5	180.0	5.1	1.0	0.0	42.9	1.2	734.1	20.9
Total provincial	3519.4	14.4	875.6	3.6	39.0	0.2	835.6	3.4	4468.5	18.3



**Tabla n° 52 (continuación)**

<b>SUPERFICIE PLANTADA O SEMBRADA POR TIPO DE CULTIVO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>												
<b>Comuna</b>	<b>Flores</b>		<b>Plantas forrajeras</b>		<b>Frutales</b>		<b>Viñas y parronales</b>		<b>Viveros</b>		<b>Hortalizas</b>	
	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>	<b>(Ha)</b>	<b>%</b>
Talagante	7.3	0.1	1306.3	20.3	2316.7	29.8	210.1	3.3	14.2	0.2	135.6	2.1
Peñaflor	6.0	0.2	883.3	33.7	848.5	36.1	45.7	1.7	3.6	0.1	132.7	5.1
I de Maipo	7.4	0.1	386.8	5.7	2560.3	32.4	1485.4	21.9	3.6	0.1	354.7	5.2
El Monte	1.7	0.0	941.4	18.7	843.1	37.8	95.8	1.9	0.5	0.0	144.3	2.9
P. Hurtado	2.6	0.1	1114.1	31.7	687.4	16.7	82.6	2.4	10.9	0.3	3.7	0.1
Total provincial	25.0	0.1	4631.9	19.0	7256.0	19.6	1919.6	7.9	32.8	0.1	771.0	3.2

Fuente: INE. 1997. Resultados preliminares VI Censo Nacional Agropecuario.

#### VI.5.4.2 Tipos de riego en la provincia de Talagante

En la provincia de Talagante, el tipo de riego más característico es el denominado riego gravitacional, es decir, es aquel tipo de riego que se realiza a través de surcos o canales. En esta provincia un total de 21008 hectáreas son regadas a través de este sistema. Además, como se puede observar en la siguiente tabla, el riego gravitacional es el tipo de riego más utilizado en las cinco comunas que conforman la provincia (ver la tabla n° 53).

Desde el punto de vista de la calidad del agua utilizada para el riego, utilizando como criterio la calidad bacteriológica del agua, se puede observar como lo demuestra el mapa n° 35, que en el área de estudio la calidad del agua va desde una mala calidad hasta una muy mala calidad (ver el mapa n° 34).

**Tabla n° 53**

<b>SUPERFICIE REGADA SEGÚN EL TIPO DE RIEGO UTILIZADO EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>Comunas</b>	<b>Riego gravitacional (Ha)</b>	<b>Mecánico u otro mayor</b>	<b>Microriego o localizado</b>
Talagante	5542.9	47.8	277.4
Peñaflor	2365.0	18.7	89.6
Isla de Maipo	5196.3	48.0	1154.8
El Monte	4.675.7	42.4	95.5
Padre Hurtado	3228.1	43.3	16.4
Total provincial	21008.0	200.2	1633.7

Fuente: INE. 1997. Resultados preliminares VI Censo Nacional Agropecuario.

MAPA N° 33  
TIPO DE CULTIVO

MAPA N° 34  
CALIDAD DEL AGUA

### VI.5.4.3 Peligro potencial generado por la actividad agrícola en la provincia de Talagante

Como se puede observar en la tabla n° 52 y en el mapa n° 34, una gran extensión de la superficie del área de estudio, es utilizada en actividades agrícolas. Esta superficie agrícola, es regada casi en su totalidad a través de una red de canales con aguas de mala calidad (ver la tabla n° 52 y el mapa n° 34).

De esta manera, al determinar los niveles de generación de carga contaminante y los niveles de peligro potencial generado por la actividad agrícola, es posible diferenciar áreas basándose en los tipos de cultivo, las características del riego y la vulnerabilidad. Las características de estas áreas se pueden observar en la siguiente tabla y en el mapa n° 35 (ver la tabla n° 54, y el mapa n° 35).

**Tabla n° 54**

<b>PELIGRO POTENCIAL GENERADO POR LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE</b>			
<b>Características de las áreas</b>	<b>Carga Contaminante</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peligro</b>
Zona de cultivos anuales con riego gravitacional, y con una calidad del agua de riego mala a muy mala	Alta	Media - alta	Alto
Zona de cultivos anuales con riego gravitacional, y con una calidad del agua de riego mala a muy mala	Alta	Baja	Moderado
Zona de cultivo de viñas y parronales con riego gravitacional, y con una calidad del agua mala a muy mala	Alta	Media - alta	Alto
Zona de cultivo de frutales con riego gravitacional, y con una calidad del agua de riego mala a muy mala	Alta	Media - alta	Alto
Zona de cultivo de frutales con riego gravitacional, y con una calidad del agua de riego mala a muy mala	Alta	Baja	Moderado

Una de las áreas más importantes considerando su extensión, corresponde a la zona de cultivos anuales. Estos cultivos se encuentran distribuidos a través de las cinco comunas de la provincia regados a través del sistema gravitacional. Las características de esta zona nos indican que su generación potencial de carga contaminante es alta, además, se debe considerar que la calidad del agua de riego es mala en los sectores regados por las aguas del río Maipo, y muy mala en los sectores regados con aguas del río Mapocho.

De esta forma, todas las áreas de cultivos anuales ubicados en zonas de media y alta vulnerabilidad generan un alto peligro potencial de contaminación para las aguas subterráneas. Sin embargo, en la zona este de la provincia la vulnerabilidad a la contaminación es baja, por lo cual el peligro potencial de contaminación generado por los cultivos anuales en esta zona es moderado.

MAPA N° 35  
PELIGRO AGRICOLA

Otros tipos de cultivos que se encuentran en el área de estudio corresponden a las viñas y parronales. Debido a que estos cultivos se riegan mayoritariamente a través del sistema gravitacional y que la calidad de las aguas para el riego son malas a muy malas, se ha considerado que estos tipos de cultivos pueden generar un alto nivel de carga contaminante.

Además, las viñas y parronales del área de estudio se encuentran ubicadas en zonas de la provincia de media a alta vulnerabilidad a la contaminación, por lo cual se ha determinado que el peligro potencial que generan estos cultivos en el área de estudio es alto.

Por último tenemos que en la provincia se encuentran cultivos correspondientes a frutales. Estos cultivos se encuentran regados a través del sistema gravitacional, con aguas de riego cuya calidad es mala a muy mala, por lo cual, se ha considerado que el nivel de carga contaminante que podrían generar estos cultivos es alto.

Considerando lo anterior, se ha determinado que aquellos frutales ubicados en zonas de media y alta vulnerabilidad generan un alto peligro potencial de contaminación. También se puede observar, que en la zona este de la provincia una pequeña extensión de frutales se encuentran ubicados en una zona de baja vulnerabilidad, lo cual determina que el peligro potencial generado por ellos es moderado.

#### **VI.5.5 Principales zonas con peligro potencial de contaminación para las aguas subterráneas en la provincia de Talagante**

Al interior de la provincia de Talagante, se producen concentraciones espaciales de actividades con un alto nivel de generación de peligro potencial de contaminación hacia las aguas subterráneas, en áreas con una superficie inferior al km<sup>2</sup>. En estas áreas el peligro potencial para las aguas es elevado, y es posible determinar los tipos de contaminantes que podrían afectarlas considerando las actividades que se concentran en ellas.

De esta manera, se puede observar que en la zona urbana de la comuna de Padre Hurtado, se produce una concentración de actividades con un nivel de generación de peligro potencial alto. Estas actividades se localizan en la zona denominada como zona A, y corresponden a estaciones de servicios y consumos propios, por lo cual en ella, las aguas subterráneas pueden ser afectadas por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuro y benceno.

En la zona urbana de la comuna de Peñaflores, se producen concentraciones de actividades con un nivel de generación de peligro potencial alto, las cuales se concentran en dos zonas denominadas como: zona B y zona C. En la zona B se localizan estaciones de servicios y consumos propios, por lo cual en esta zona las aguas subterráneas pueden ser afectadas por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuro y benceno.

Por su parte en la zona C, se localizan actividades correspondientes a una industria generadora de residuos líquidos dedicada al procesamiento de caucho, a estaciones de servicio y consumos propios, por lo cual en esta zona las aguas subterráneas pueden ser afectadas por carga salina y orgánica, hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuro y benceno.

En la zona urbana de la comuna de Talagante, se produce una concentración de actividades con un nivel de generación de peligro potencial alto. Estas actividades se localizan en la zona denominada como zona D y corresponden a una industria generadora de residuos líquidos dedicada a la producción de alimentos, a estaciones de servicios y consumos propios, por lo cual en esta zona, las aguas subterráneas pueden ser afectadas por carga orgánica, nutrientes, hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuro y benceno.

En la zona urbana de las comunas de El Monte e Isla de Maipo, se producen concentraciones de actividades con un nivel de generación de peligro potencial alto. Estas actividades se concentran en las zonas denominadas como zona E en la comuna de El Monte y zona F en la comuna de Isla de Maipo. Las actividades que se concentran en estas zonas corresponden a estaciones de servicio y consumos propios, por lo cual en ellas, las aguas subterráneas pueden ser afectadas principalmente por fenoles aromáticos, cianuro y benceno.

Además, en las zonas rurales de la provincia con un nivel de vulnerabilidad alto, se genera un nivel de peligro potencial elevado de contaminación para las aguas, producto del saneamiento *in situ*, y la actividad agrícola. En estas zonas, las aguas subterráneas pueden ser afectadas por patógenos fecales, componentes nitrogenados y microbiológicos.

Finalmente, en las zonas rurales de la provincia, con un nivel de vulnerabilidad moderado se produce un nivel de peligro potencial elevado de contaminación para las aguas, debido principalmente a la actividad agrícola. En estas zonas las aguas subterráneas pueden ser afectadas por cloruros y componente nitrogenados (ver el mapa n° 36).

MAPA N° 36  
PELIGRO POTENCIAL FINAL



## **VII CONCLUSIONES**

### **VII.1 Conclusiones con respecto a la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a la contaminación en el área de estudio**

- Los resultados obtenidos con la aplicación del método BGR, indican que el acuífero presenta un alto nivel de vulnerabilidad a la contaminación en gran parte del área de estudio. Este alto nivel de vulnerabilidad disminuye a un nivel moderado y bajo hacia la zona este de la provincia, observándose también una disminución en el nivel de vulnerabilidad pasando de alta a moderada, en la zona oeste de la comuna de Padre Hurtado en la parte norte de la provincia, y en la parte sur, en las rinconadas de San Antonio y San Vicente de Naltagua en la comuna de Isla de Maipo, en donde incluso se llega a un bajo nivel de vulnerabilidad.
- De acuerdo a los parámetros evaluados por el método BGR, la baja efectividad de protección de los suelos sería una de las razones por la cual existen zonas con alta vulnerabilidad a la contaminación en la provincia de Talagante. Esto se debe a los bajos volúmenes de capacidad de campo que tienen las series de suelo en el área de estudio cuyos valores no superan los 140 mm, lo cual no ayudaría en forma positiva a la retardación de una eventual carga contaminante que se infiltre hacia la napa. Esto queda representado a través de los bajos valores que obtienen las series de suelo como puntajes S, lo cual explica finalmente los bajos valores que obtiene el puntaje  $P_1$  en la evaluación.
- Otra de las razones que explican el alto nivel de vulnerabilidad en el área de estudio, corresponde a las características de los materiales que forman la zona no saturada. Estos corresponden a material fluvioglacial constituido principalmente por bolones, gravas, arenas y porcentajes variables de limo y arcilla. La predominancia de materiales gruesos en la zona no saturada genera una baja efectividad de protección de esta zona para la napa, puesto que la presencia de estos materiales influyen negativamente en la retardación de una carga contaminante que se infiltre hacia ella. Esto se representa a través de los valores relativamente bajos de los puntajes  $L_n$  que obtienen los horizontes de los perfiles estratigráficos de los pozos utilizados en la evaluación, acentuado por la escasa profundidad de las aguas en las zonas de alta vulnerabilidad en donde no se superan los 20 mt.

- En los perfiles estratigráficos de los pozos utilizados para la evaluación de la vulnerabilidad, se puede observar que los materiales que forman la zona no saturada, no presentan grandes diferencias en sus características y proporciones en gran parte del área de estudio. Por lo tanto, la disminución en los niveles de vulnerabilidad que se observan hacia la zona este de la provincia, se debe principalmente al aumento de la profundidad del agua, pasando de una alta a moderada vulnerabilidad cuando las aguas alcanzan una profundidad que bordea los 20 mt, y de una moderada a baja vulnerabilidad cuando la profundidad bordea los 30 mt.
- La disminución en el nivel de vulnerabilidad que se observa en la parte norte del área de estudio, específicamente en la rinconada de la zona oeste de la comuna de Padre Hurtado, se debe principalmente a que en este sector la efectividad de protección de la zona no saturada aumenta por la mayor presencia de materiales finos en ella, lo cual beneficia la retardación de una posible carga contaminante que se infiltre hacia la napa. Esto se observa y se expresa a través del valor relativamente alto que obtiene el puntaje Ln del pozo utilizado en la evaluación, y que se ubica en este sector. Además, esto se acentúa considerando la efectividad de protección del suelo en esta zona, en donde las clases de suelo alcanzan volúmenes de capacidad de campo relativamente altos, y al aumento en la profundidad del agua que aportan finalmente a la disminución en el nivel de vulnerabilidad.
- Al igual que en la zona norte de la provincia, la disminución en el nivel de vulnerabilidad que se observa en la zona sur, precisamente en las rinconadas de San Antonio y San Vicente de Naltagua, se debe principalmente al aumento en la efectividad de protección de la zona no saturada por la presencia de materiales finos en su constitución. Esto se acentúa por la efectividad de protección del suelo, y el aumento en la profundidad del agua llegando a un nivel bajo de vulnerabilidad cuando se bordean los 10 mt de profundidad.
- Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método GOD para la determinación de la vulnerabilidad, al igual que aquellos obtenidos mediante la aplicación del método BGR, indican que gran parte del área de estudio presenta un nivel alto de vulnerabilidad. De acuerdo al método GOD, las zonas con un alto nivel de vulnerabilidad, serían aquellas en donde la profundidad de las aguas subterráneas es menor a los 10 mt, disminuyendo a un nivel moderado de vulnerabilidad cuando la profundidad de las aguas superan este último valor. Esta disminución en los niveles de vulnerabilidad se pueden observar hacia la zona este de la provincia, en la zona oeste de la comuna de Padre Hurtado en la parte norte del área de estudio, y en la parte sur en la rinconada de San Vicente de Naltagua en la comuna de Isla de Maipo.

- Los resultados obtenidos mediante la aplicación del método GOD, tienen su explicación en la valoración asignada a cada uno de los parámetros que este método considera. Es así como en la valoración de las condiciones de confinamiento del agua subterránea, (parámetro G) los antecedentes recopilados en la caracterización del área de estudio nos indican que el acuífero no presenta grados de confinamiento en la provincia, por lo cual, al área se le ha asignado el máximo valor indicando que este parámetro no contribuye en la protección de la napa. En el caso de las características litológicas de la zona no saturada, (parámetro O) en el área de estudio se ha asignado el valor correspondiente a depósitos no consolidados formados por arenas y gravas aluviales y fluvio-glaciales, debido a que esta descripción concuerda con las características de los sedimentos que conforman el acuífero en el área de estudio. De esta manera al asignar un único valor en los dos primeros parámetros evaluados, los rangos de profundidad asignados en el método GOD, (parámetro D) se transforman en el elemento diferenciador más importante en la determinación de los niveles de vulnerabilidad, convirtiendo a la isolinéa de profundidad de las aguas correspondiente a los 10 mt en el límite entre los dos niveles de vulnerabilidad determinados en el área de estudio.
- La incorporación de las características del suelo a través de los valores del parámetro S en el método GOD-S, producen un cambio en los niveles de vulnerabilidad con respecto a los niveles determinados en el área de estudio mediante el método GOD y el método BGR. Esto se expresa en la disminución en los niveles de vulnerabilidad que experimenta gran parte del área de estudio, en donde en un principio su nivel era alto, y pasa a ser moderado con la incorporación del parámetro S. Este cambio en los niveles de vulnerabilidad se explica fundamentalmente por la forma en que se evalúan los parámetros en el método GOD, puesto que al ser el valor final con el que se determina el nivel de vulnerabilidad el producto de una multiplicación de factores, la incorporación de un nuevo factor mantiene el valor inicial no produciendo cambios en los niveles de vulnerabilidad, o disminuye el valor disminuyendo con ello también los niveles de vulnerabilidad.

## **VII.2 Conclusiones con respecto a la comparación entre el método BGR y GOD en la determinación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el área de estudio**

- Los métodos GOD y BGR, presentan diferencias en los parámetros que consideran y en la forma de relacionarlos para lograr los resultados en una evaluación. Es así como en el método BGR, los datos que se requieren en cada uno de los parámetros que considera son más detallados que aquellos que requiere el método GOD en el cual se realizan mayores generalizaciones. Como consecuencia de esto, los resultados que se obtienen a través del método BGR representan la vulnerabilidad que se da en un punto en una zona determinada, por su parte, la representación de los resultados del método GOD suelen representarse en forma areal.

- Las diferencias en la forma en que se determinan los niveles de vulnerabilidad, así como también, las diferencias en los parámetros considerados entre los métodos GOD y BGR, explican los distintos resultados que se obtienen tras su aplicación en la provincia de Talagante. Estas diferencias se dan en la delimitación de las áreas representativas de los niveles de vulnerabilidad en la provincia, en donde en el método GOD, el límite corresponde a la isolínea de profundidad de las aguas con un valor de 10 mt que diferencia a las zonas de alta y media vulnerabilidad. Esto se debe a que en la evaluación se le asignó al área de estudio una característica única en dos de los parámetros evaluados, siendo los rangos de profundidad de las aguas el factor diferenciador más importante en la delimitación de los niveles de vulnerabilidad. Por su parte en el método BGR, la delimitación en las áreas representativas de los niveles de vulnerabilidad se realizó a través de la interpolación de los valores finales obtenidos por los distintos pozos utilizados en la evaluación.
- Otra diferencia entre los métodos radica en los niveles de vulnerabilidad determinados por ellos en el área de estudio. Con el método GOD se diferencian en la provincia dos niveles de vulnerabilidad, alto y moderado, en donde el principal factor para diferenciar ambos niveles corresponde a la profundidad de las aguas. Por su parte, con el método BGR, se diferencian tres niveles de vulnerabilidad en la provincia, los cuales son: alto, moderado y bajo. En donde la diferenciación entre los niveles de vulnerabilidad se debe a la diferencia en la profundidad de las aguas, y a las características de los materiales que constituyen la zona no saturada.
- La incorporación del suelo como un parámetro en la evaluación de la vulnerabilidad, produce distintos efectos en los resultados obtenidos entre los métodos GOD y BGR. En el método BGR, el suelo es incorporado en la evaluación al determinar la efectividad de protección del suelo a través del puntaje denominado como  $P_1$ . De acuerdo a los resultados obtenidos, el puntaje  $P_1$  no influye de manera importante al determinar la vulnerabilidad en el área de estudio debido a los bajos valores que obtiene este puntaje en la evaluación. Por su parte al incorporar el suelo en la evaluación con el método GOD, este tiene gran influencia en el resultado final produciendo una disminución en los niveles de vulnerabilidad en el área de estudio, en donde zonas de alta vulnerabilidad obtienen un nivel moderado con la incorporación del suelo como factor. Esto se debe principalmente a la forma en que se determina el resultado final en ambos métodos.

### VII.3 Conclusiones con respecto a la determinación del peligro potencial de contaminación en la provincia de Talagante

- En la provincia de Talagante se ubican y funcionan diversas actividades que generan distintos niveles de peligro potencial de contaminación hacia las aguas subterráneas, producto de la localización de ellas en áreas vulnerables de la provincia, y a sus niveles de generación de carga contaminante. De estas actividades, las más peligrosas de acuerdo al nivel de peligro que generan corresponden al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos, a los vertederos ilegales de residuos sólidos, al saneamiento sin cobertura de alcantarillado, a las industrias generadoras de residuos líquidos y a la actividad agrícola.
- Con respecto al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos, las estaciones de servicio y los consumos propios evaluados se ubican en las zonas urbanas de las distintas comunas del área de estudio, teniendo la mayoría de ellos un nivel alto de generación de peligro potencial. Esto se debe principalmente a la ubicación de ellos en zonas altamente vulnerables a la contaminación, y a que dada las características de los combustibles líquidos y a los estanques que los contienen, la mayoría de las estaciones y consumos propios poseen un nivel de generación potencial de carga elevado.
- De los cuatro vertederos de residuos sólidos evaluados en el área de estudio, tres de ellos poseen un nivel de generación de peligro potencial alto. En el caso de los vertederos ubicados en las comunas de Isla de Maipo y Padre Hurtado, el peligro potencial que generan se debe principalmente a que poseen un nivel de generación de carga elevado, producto de los volúmenes de precipitación en la zona, y a que sus desechos corresponden a residuos industriales y escombros. En el caso del vertedero ubicado en la comuna de Peñaflor, el nivel de carga contaminante que genera es moderado, sin embargo, su ubicación en una zona altamente vulnerable de la provincia explica el nivel de peligro potencial que este vertedero genera.
- Con respecto al saneamiento *in situ*, se observa que gran parte de la provincia posee un alto nivel de peligro potencial debido a esta condición. Esta zona corresponde a una parte de las zonas rurales de las comunas de la provincia, así como también a la zona urbana de la comuna de Isla de Maipo. El alto nivel de peligro que se observa, se debe a que en estas zonas no se cuenta con cobertura de alcantarillado y además, corresponde a una zona altamente vulnerable a la contaminación.

- En el caso de las industrias generadoras de residuos líquidos, seis de las diez evaluadas poseen un nivel alto de peligro potencial. El nivel de peligro que presentan estas empresas se debe a que poseen una de las siguientes características o una combinación de ellas: un alto volumen de descarga de residuos líquidos, la descarga de residuos se realiza directamente hacia el suelo o a un cuerpo de agua, o se trata de aquellas industria que son consideradas por los materiales que utiliza como altamente peligrosa. Las empresas con un alto nivel de peligro ubicadas en el área de estudio poseen al menos una de las características mencionadas, y además, se encuentran ubicadas en zonas altamente vulnerables a la contaminación.
- En el área de estudio la actividad agrícola es muy importante y abarca gran parte de la superficie de la provincia. Esta zona posee un alto nivel de peligro potencial de contaminación, debido principalmente a que las prácticas agrícolas que se ejercen corresponden principalmente a cultivos anuales, cultivo de viñas y parronales y cultivo de frutales con riego gravitacional con aguas de mala calidad. Estas características determinan que esta zona posea un nivel de generación de carga contaminante elevada y además, se trata de una zona con niveles de vulnerabilidad a la contaminación alto a moderado.
- En las zonas urbanas de la provincia de Talagante, se producen concentraciones de actividades con un nivel de generación de peligro potencial de contaminación alto. Estas actividades corresponden principalmente a las estaciones de servicio, y los consumos propios de combustibles. Estas áreas, están expuestas a ser afectadas por fenoles aromáticos, cianuro y benceno. Además, las zonas rurales de la provincia están expuestas a ser afectadas principalmente por patógenos fecales, cloruros, componentes nitrogenados y microbiológicos debido a la actividad agrícola y al saneamiento *in situ*.

## **VIII ANEXOS**

## **IX BIBLIOGRAFÍA**

**AGUIRRE, I.; HAUSER, A.; SCHWERDTFEGER, B.** 2000. Mapa hidrogeológico del valle del río Copiapó entre embalse Lautaro y Piedra Colgada, escala 1:50000, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), documentos de trabajo n° 14. Santiago-Chile.

**ANTINAO, J. L.; CLAYTON, J. D.; SANTIABÁÑEZ, I.; TOLOCZYKI, M.; SCHWERDTFEGER, B.; HANISCH, J.; KRUCK, W.** 2000. Geología para el ordenamiento territorial: Estudio geoambiental del área Puerto Montt-Frutillar, X Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), boletín n° 55. Santiago-Chile. 34 pags.

**ARAYA-VERGARA, J. F.** 1994. Fases de la formación del piedmont aluvial en el llano del Maipo (depresión de Santiago de Chile). Inédito. Universidad de Chile.

**ARAYA-VERGARA, J. F.** 1985. Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. Informaciones Geográficas n° 32. Santiago-Chile. pags. 31 – 44.

**ARCE, S.** 2001. Evaluación cualitativa del riesgo de contaminación del agua subterránea del área metropolitana de Santiago, utilizada para agua potable. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 147 pags.

**COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE (CONAMA).** 1999. Análisis de la contaminación de aguas subterráneas en la Región Metropolitana, por aguas servidas. Estudio realizado por Ayala, Cabrera y asociados Ltda. Santiago-Chile. 250 pags.

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO.** 1981. Estudio de suelos del proyecto Maipo. Informe realizado por Agrolog Chile Ltda. Santiago-Chile.

**CORVALAN, J; MUNIZAGA, F.** 1971. Edades radiométricas de rocas intrusivas y metamórficas de la hoja de Valparaíso-San Antonio. Instituto de Investigaciones Geológicas. Boletín n° 28. Santiago-Chile. 40 pags.

**CUADRAT, JOSÉ M<sup>A</sup> ; PITA, M<sup>A</sup> FERNANDA.** 1997. Climatología. Madrid-España. Ediciones Cátedra. 495 pags.

**CUSTODIO, E; LLANOS, M. R.** 1996. Hidrología subterránea. Omega, 2 v. Barcelona-España.

**CUSTODIO, EMILIO.** 1995. Vulnerabilidad de los acuíferos a la polución. Seminario Internacional de Aguas Subterráneas realizado el 12, 13, 14 y 15 de septiembre de 1995. Santiago-Chile. pags. 34 – 45.

**ESPINOZA, C.; AGUIRRE, I.; REBOLLEDO, S.; ESPINOZA, C.** 2006. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos. Comparación entre los métodos GOD Y BGR. XI congreso geológico chileno, realizado el 7 al 11 de agosto del 2006 v.2. Antofagasta II región-Chile. pags. 619 – 622.



**ESPINOZA, C.** 2005. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la Región de Coquimbo (Inédito). Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Santiago-Chile. 30 pags.

**FERNÁNDEZ, J. C.** 2001. Estudio geológico ambiental para la planificación territorial del sector Tiltil-Santiago. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 127 pags.

**FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M.** 2002. Protección de la calidad del agua subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Washington, D.C.- EE.UU. 128 pags.

**FOSTER, S; VENTURA, M; HIRATA, R.** 1987. Contaminación de las aguas subterráneas, un enfoque ejecutivo en relación con el suministro de agua potable. Documento del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS). Lima-Perú. 42 pags.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM).** 1985. Geografía de Chile. Tomo XI, Geografía de los climas. Santiago-Chile. 237 pags.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM).** 1983. Geografía de Chile. Tomo III, Biogeografía. Santiago-Chile. 230 pags.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE).** 2003. Censo 2002. Informe realizado por la Comisión Nacional del XVIII Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago-Chile.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE).** 1998. Censo nacional agropecuario, total nacional año 1997. Santiago-Chile. 214 pags.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE).** 1993. Censo 1992. Informe realizado por la Comisión Nacional del XVII Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago-Chile.

**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE).** 1983. Censo 1982. Informe realizado por la Comisión Nacional del XVI Censo Nacional de Población y Vivienda. Santiago-Chile.

**IRIARTE, S.; AGUIRRE, I.** 2004. Vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la Región del Biobío. (Inédito) Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). Santiago-Chile. 25 pags.

**LUZIO, W.** 1994. Clasificación de suelos. Suelos una visión actualizada del recurso. Publicaciones misceláneas agrícolas n° 38. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago-Chile. pags 241 – 267.

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA).** 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. Decreto Supremo n° 46 de 2002. Realizado por el Departamento de Conservación y Protección de Recursos Hídricos. Santiago-Chile. 39 pags.

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA).** 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional, cuencas de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y asociados Ltda.Santiago-Chile.

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA).** 1999. Política nacional de recursos hídricos. Santiago-Chile. 58 pags.

**MUÑOZ, R.** 2004. Peligro de contaminación de acuíferos y perímetros de protección de pozos. Aplicación al Valle del Cachapoal. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 130 pags.

**RAMÍREZ, J.** 2004. Análisis de metodologías para evaluar vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación. Aplicación a la zona norte de Santiago. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 135 pags.

**SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS (SISS).** 2007. Informe de gestión del sector sanitario del año 2007. Santiago-Chile. 144 pags.

**SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS (SISS).**1998. Actualización del catastro nacional de residuos industriales líquidos del año 1992. Informe realizado por Figueiredo Ferraz Consultoría e Ingeniería de Proyecto. Santiago-Chile.

**TORO, P.** 2003. Evaluación del riesgo de contaminación de la parte norte del acuífero de Santiago. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 128 pags.

**VEGA, N.** 2005. Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de Melipilla, utilizando los métodos GOD y BGR. Memoria Universidad de Chile. Santiago-Chile. 130 pags.

**VRBA, J; ZAPOROZEC, A.** 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. Verlag Heinz Heise, International Contributions to Hydrogeology v.16. Hannover. 131 pags.

#### **IX.1 Documentos extraídos de Internet**

**FOSTER, S.; HIRATA, R.** 1991. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes. Documento del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima-Perú. 90 pags. Documento extraído el 24 de noviembre del año 2008 de la página <http://www.cepis.opsoms.org/eswww/fulltext/repind46/riego/riego.html>,

**VIII.6 Anexo n° 6 Descripción estratigráfica de los pozos utilizados en la evaluación, y puntajes L<sub>n</sub> asignados**

N° del Pozo	Espesor del horizonte (m)	Descripción estratigráfica	Puntaje L <sub>n</sub>	L <sub>n</sub> * Espesor	Σ L <sub>n</sub>
1	0 – 1	Suelo orgánico			150
	1 – 3	Conglomerado arcilla, ripio y arena	75	150	
2	0 – 1	Suelo orgánico			20
	1 – 3	Ripio, arena y bolones	10	20	
3	0 – 1	Suelo orgánico			480
	1 – 4	Bolones, arena y ripio	10	30	
	4 – 10	Conglomerado arcilla, ripio y arena	75	450	
4	0 – 1	Suelo orgánico			1890
	1 – 8	Arcilla y arena	270	1890	
5	0 – 1	Suelo orgánico			375
	1 – 2	Fango limoso	300	300	
	2 – 3	Ripio, arena, bolones y 30% de arcilla	75	75	
6	0 – 1	Suelo orgánico			825
	1 – 12	Fango limoso	75	825	
7	0 – 1	Suelo orgánico			540
	1 – 3	Arcilla y arena	270	540	
8	0 – 1	Suelo orgánico			50
	1 – 2	Arcilla 20%, arena fina 50% y ripio 30%	50	50	
9	0 – 1	Suelo orgánico			150
	1 – 3	Arcilla y grava	75	150	
10	0 – 1	Suelo orgánico			75
	1 – 2	Arena y arcilla	75	75	
11	0 – 1	Suelo orgánico			10
	1 – 2	Ripio, arena y bolones	10	10	
12	0 – 1	Suelo orgánico			10
	1 – 2	Grava, gravilla y arena	10	10	
13	0 – 1	Suelo orgánico			30
	1 – 4	Bolón 30%, ripio 70%	10	30	
14	0 – 1	Suelo orgánico			50
	1 – 2	Bolones grandes, ripio, arena y poca arcilla	50	50	
15	0 – 1	Suelo orgánico			50
	1 – 2	Ripio, arena gruesa, media y fina, limo y 20% de arcillas	50	50	
16	0 – 1	Suelo orgánico			850
	1 – 8	Bolones, ripio, arena y arcillas	50	350	
	8 – 18	Ripio grueso y medio, arena y arcilla	50	500	
17	0 – 1	Suelo orgánico			1000
	1 – 21	Bolones, ripio, arena y poca arcilla	50	1000	
18	0 – 1	Suelo orgánico			1100
	1 – 21	Bolones, ripio y arcilla	50	1000	
	21 – 23	Ripio grueso, arena y arcilla	50	100	
19	0 – 1	Suelo orgánico			150
	1 – 7	Bolones con arcilla	25	150	

Fuente: MOP, DGA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.

**Anexo n° 6 Descripción estratigráfica de los pozos utilizados en la evaluación, y puntajes Ln asignados (Continuación)**

N° del Pozo	Espesor del horizonte (m)	Descripción estratigráfica	Puntaje Ln	Ln * Espesor	Σ Ln
20	0 – 1	Suelo orgánico			1000
	1 – 13.5	Bolones, ripio, arena variable y 15% de arcillas	50	625	
	13.5 – 18.4	Arena gruesa gris, ripio, gravilla, bolones y 10% de arcillas	50	245	
	18.4 – 21	Arena variable gris, gravilla, ripio, bolones y 15% de arcilla	50	130	
21	0 – 1	Suelo orgánico			1462.5
	1 – 2	Arcilla y bolones	200	200	
	2 – 5.5	Conglomerado arcilla, arena y ripio	50	175	
	5.5 – 7.5	Ripio, arena y arcilla	50	100	
	7.5 – 10	Conglomerado arcilla y ripio	50	125	
	10 – 15.5	Arcilla, ripio y arena	50	275	
	15.5 – 22	Conglomerado arena y arcilla	75	487.5	
22 – 24	Ripio, arena gruesa y poca arcilla	50	100		
22	0 – 1	Suelo orgánico			890
	1 – 10	Bolones, grava, arena y arcilla	50	450	
	10 – 18	Grava, arena, bolones y arcilla	50	400	
	18 – 22	Grava y arena	10	40	
23	0 – 1	Suelo orgánico			1380.5
	1 – 5.2	Conglomerado bolones, arena y arcilla	50	210	
	5.2 – 6.5	Arena y ripio fino	10	13	
	6.5 – 11	Conglomerado arcilla, ripio y poca arena	75	337.5	
	11 – 13	Ripio grueso y arena	10	20	
	13 – 29	Conglomerado arcilla, ripio y arena	50	800	
24	0 – 1	Suelo orgánico			225
	1 – 4	Grava arcillosa con bolones	75	225	
25	0 – 1	Suelo orgánico			610
	1 – 3	Ripio grueso	5	10	
	3 – 6	Arcilla y ripio	200	600	
26	0 – 1	Suelo orgánico			950
	1 – 20	Ripio grueso, bolones y arcilla	50	950	
27	0 – 1	Suelo orgánico			950
	1 – 20	Arena gruesa, ripio, bolón y arcilla	50	950	
28	0 – 1	Suelo orgánico			1350
	1 – 28	Bolones, arena y poca arcilla	50	1350	
29	0 – 1	Suelo orgánico			1200
	1 – 25	Arena 50%, bolones 30% y arcilla 20%	50	1200	
30	0 – 1	Suelo orgánico			600
	1 – 7	Bolones, grava, arena	25	150	
	7 – 16	Ripio, arena y arcilla	50	450	
31	0 – 1	Suelo orgánico			890
	1 – 7	Limo, arcilla y arena media	140	840	
	7 – 8	Arena media, poca arcilla, grava gruesa	50	50	

Fuente: MOP, DGA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.

**Anexo n° 6 Descripción estratigráfica de los pozos utilizados en la evaluación, y puntajes Ln asignados (Continuación)**

N° del Pozo	Espesor del horizonte (m)	Descripción estratigráfica	Puntaje Ln	Ln * Espesor	Σ Ln
32	0 - 1	Suelo orgánico			650
	1 - 12	Bolones y gravas, arena gruesa y arcilla	50	550	
	12 - 22	Gravas, bolones con arena gruesa	10	100	
33	0 - 1	Suelo orgánico			550
	1 - 8	Ripio, bolones, arena y arcilla	50	350	
	8 - 12	Arena, grava y poca arcilla	50	200	
34	0 - 1	Suelo orgánico			300
	1 - 5	Grava gruesa 70%, arcilla 30%	75	300	
35	0 - 1	Suelo orgánico			550
	1 - 12	Mezcla de grava, con poca arcilla	50	550	
36	0 - 1	Suelo orgánico			365
	1 - 5.5	Ripio, bolones y arcilla	75	337.5	
	5.5 - 12	Gravas, bolones	5	27.5	
37	0 - 1	Suelo orgánico			850
	1 - 18	Conglomerado bolón, ripio, arena y arcilla	50	850	
38	0 - 1	Suelo orgánico			700
	1 - 19	Bolones, grava, ripio y arena	25	450	
	19 - 23	Arena, bolones, ripio y arcilla	50	200	
	32 - 24	Ripio, arena, arcilla y limo	50	50	
39	0 - 1	Suelo orgánico			750
	1 - 16	Ripio, grava, bolones aislados y limo	50	750	
40	0 - 1	Suelo orgánico			120
	1 - 1.50	Ripio y arenas	10	5	
	1.50 - 13	Bolones, ripio y arenas	10	115	

Fuente: MOP, DGA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.

**VIII.2 Anexo n° 2 Datos de precipitación en el área de estudio**

*Anexo 2.1 Datos de precipitación estación Fundo Marruecos desde 1989 hasta 2008 (mm)*

Estación: 05737008 - 4 Fundo Marruecos							UTM Norte: 6286202						
Cuenca: Río Maipo							UTM Este: 331336						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T/anual
1989							107,5	135,6	5,5	0,0	0,0	0,0	n.c
1990	0,0	0,0	8,5	0,0	6,5	0,0	0,0						n.c
1991					70,1	114,5	112,2			11,5	0,0	32,0	n.c
1992	0,0	0,0	13,0	27,0	123,5	155,3	14,0	47,8	20,3	0,0	8,5	0,0	409,4
1993	0,0	0,0	0,0	79,6	72,4	52,0	45,9	27,5	6,2	4,4	4,0	0,0	292,0
1994	0,0	0,0	0,0	18,6	65,9	51,8	94,7	9,4	17,4	9,0	0,0	3,0	269,8
1995	0,0	4,5	0,0	17,6	1,5	48,4	79,9	31,5	12,2	2,0	0,0	0,0	197,6
1996	0,0	0,0	0,0	38,5	8,7	46,5	21,3	33,2	0,0	4,5	0,0	1,0	153,7
1997	0,0	0,0	6,0	0,1	136,0	313,6	46,5	85,5	63,9	71,9	5,0	3,5	732,0
1998	0,0	0,0	0,0	24,6	8,5	17,8	0,0	0,0	28,5	0,0	0,0	0,0	79,4
1999	0,0	0,0	16,5	12,4	2,0	49,9	23,7	84,5	127,9	20,9	0,0	1,5	339,3
2000	0,0	8,5	0,0	12,0	16,9	282,7	16,0	0,0	105,6	12,1	0,6	0,0	454,4
2001	0,0	0,0	2,5	14,0	44,1	2,4	208,2	51,8	10,7	3,0	0,0	0,0	336,7
2002	0,0	0,0	5,3	1,4	137,1	234,4	77,0	76,7	11,5	2,5	0,0	2,0	547,9
2003	2,7		0,0	0,0	72,8	58,6	54,1	8,2	11,0	0,0			n.c
2004	0,0	0,0	15,9	60,0	15,0	40,0	81,0	60,7	10,5	3,1	47,3	0,0	333,5
2005	0,0	0,0	14,8	6,0	83,0	150,0	31,8	131,0	7,2	11,8	14,0	0,0	449,6
2006	0,0	0,0	0,0	2,0	21,0	88,2	135,3	47,5	2,0	50,0	0,0	0,0	346,0
2007	0,0	6,5	2,0	0,0	8,7	66,9	51,4	27,1	0,0	0,0	0,0	0,0	162,6
2008	0,0	0,0	15,5	10,5	100,9	53,0	39,7	133,2	0,5	0,0	0,0	0,0	353,3
<b>M/mes</b>	<b>0,2</b>	<b>1,1</b>	<b>5,6</b>	<b>18,0</b>	<b>52,3</b>	<b>96,1</b>	<b>62,0</b>	<b>55,1</b>	<b>24,5</b>	<b>10,9</b>	<b>4,4</b>	<b>2,4</b>	<b>333,6</b>

Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

Anexo 2.2 Datos de precipitación estación El Vergel desde 1988 hasta 2008 (mm)

Estación: 05717008 - 5 El Vergel								UTM Norte: 6267580					
Cuenca: Río Maipo								UTM Este: 323938					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T/anual
1988					3,3	15,4	37,4	92,3	13,7	0,0	5,3	3,3	n.c
1989	0,0	0,0	0,0	25,4	15,3	24,2	141,6	144,0	13,6	7,6	0,0	0,0	371,7
1990	0,0	0,0	10,6	0,0	9,2	5,5	80,6	49,9	36,5	6,9	0,0	0,0	199,2
1991	0,0	0,0	0,0	28,6	119,6	165,5	137,8	15,1	60,2	11,5	0,0	27,5	565,8
1992	0,0	0,4		21,7	212,7	212,0	20,4	60,6	29,1	0,0	9,0	0,0	n.c
1993	0,0	0,0	0,0	85,2	87,9	90,2	51,8	34,4	10,1	2,9	6,0	0,1	368,6
1994	0,0	0,0	0,0	34,0	105,2	72,0		12,2	11,5	4,6	0,0	5,3	n.c
1995	0,0	3,5	0,0	24,1	2,0	91,4	106,5	54,5	9,3	4,4	0,5	0,0	296,2
1996	0,1	0,0	0,0	9,4		40,5	37,4	59,7	1,7	6,2	0,0	1,5	n.c
1997	0,0	0,0	0,8	5,8	150,6	421,8	82,2	121,2	72,3	57,4	4,0	6,5	922,6
1998	0,0	0,2	0,1	18,0	10,3	38,6	5,6	1,3	20,9	0,0	0,0	0,0	95,0
1999	0,0	0,0	19,0	6,2	13,5	80,7	19,4	102,6	134,5	10,7	0,0	0,0	386,6
2000	0,0	13,5	0,0	17,2	11,2	444,7	19,9	2,6	158,4	5,3	2,0	0,0	671,8
2001	0,0	0,0	0,2	9,5	73,0	10,0	290,4	75,3	10,0	2,0	0,0	0,0	470,4
2002	0,0	0,5	0,1	0,1	178,5	271,7	116,2	121,7	10,7	4,2	0,0	2,5	706,2
2003	3,8	0,0	0,0	0,0	77,5	103,6	57,7	14,2	13,5	0,0			n.c
2004	0,0	0,0	13,1	71,7	29,2	67,4	101,3	74,1	12,8	1,2	50,4	0,0	239,8
2005	0,0	0,0	15,5	5,0	109,8	189,2	40,9	152,0	16,3	11,1	20,5	0,0	240,8
2006	0,0	0,0	0,0	7,5	32,6	92,6	207,5	44,9	5,0	52,8	0,0	0,0	310,2
2007	0,0	8,7	1,5	0,0	9,2	62,4	46,3	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,0
2008	0,0	0,0	9,0	13,8	136,4	108,8	72,2	156,6	0,5	0,0	0,0	0,0	229,3
M/mes	<b>0,2</b>	<b>1,3</b>	<b>2,2</b>	<b>19,0</b>	<b>71,3</b>	<b>130,5</b>	<b>83,7</b>	<b>67,3</b>	<b>30,5</b>	<b>9,0</b>	<b>4,9</b>	<b>2,3</b>	<b>384,6</b>

Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

**VIII.3 Anexo n° 3 Datos de caudales medios mensuales en el área de estudio**

*Anexo 3.1 Caudales medios mensuales de la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú, desde 1959 hasta el 2008*

Estación: Río Mapocho en Rinconada de Maipú								UTM Norte: 6292177					
Código BNA: 05737002-5								UTM Este: 331232					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
1959										18,09	16,41	15,88	16,79
1960	13,03	15,11	14,32	13,58	14,12	19,06	18,73	18,25	10,02	12,62	25,27	15,93	15,83
1961	8,80	10,49	15,47	11,72	13,07	30,75	30,53	30,53	39,59	32,69	28,26	23,39	22,94
1962	11,27	12,81	14,73	10,27	13,15	32,77	42,00	40,39	12,75	25,25	26,77	19,63	21,82
1963	13,77	8,62	7,78	7,45	10,40	19,50	33,11	44,07	56,13	41,23	36,79	46,25	27,09
1964	28,35	13,99	12,81	15,77	18,85	27,60	23,50	24,93	12,37	3,88	2,49		16,77
1965			10,20	15,27	18,73	24,77	21,00	53,22	27,95	25,84	26,14	23,14	24,62
1966	17,31	15,05	14,28	19,41	19,95	25,67	41,71	27,85	25,06	21,40	22,37	19,35	22,45
1967	14,27	12,86	13,93	12,41	15,97	20,32	22,78	15,12	10,88	7,97	7,23	8,87	13,55
1968	6,77	6,11	7,75	11,75	10,36	8,07	5,97	4,61	3,44	3,21	3,08	2,21	6,11
1969	2,87	5,26	6,47	4,40	9,85	18,14	18,49	22,58	10,03	5,64	9,04	11,73	10,37
1970	10,10	9,61	9,68	3,77	10,07	21,29	26,97	24,20		18,13	20,74	9,55	14,92
1971	4,11	5,21	5,37	5,04	10,55	20,49	21,27	22,39	13,27	17,80	16,20	13,85	12,96
1972	10,68	8,22	9,74	7,27	25,64	35,83	34,24	39,10	40,62	27,17	32,94	41,70	26,10
1973	28,37	17,30	15,85	16,40	21,33	23,30	29,15			16,45	17,79	15,69	20,16
1974	16,63	18,56			22,10	26,99	22,07	25,15	25,23	23,90	23,28	20,83	22,47
1975	18,65	16,67	15,47	19,37	18,06	15,45	26,11	23,64	18,63	17,86	18,01	21,71	19,13
1976	18,38	16,75	15,55	9,27	10,35	23,21	18,96	19,02	8,76	16,70	24,40	11,17	16,04
1977	12,11	11,60	9,31	7,60	15,87	23,35	33,97	31,89	31,31	33,08	37,76	30,19	23,17
1978	17,97	12,84	16,20	20,60	16,12	22,32	32,08	34,43	23,60	27,96	36,86	43,29	25,35
1979	27,04	19,70	20,43	17,04	22,43	17,64	15,80	27,03	36,72	22,61	21,94	25,87	22,85
1980	19,14	23,67	23,33	33,49	30,16	39,18	48,65	40,68	27,99	37,78	30,97	37,16	32,68
1981	23,45	26,76	28,28	20,79	40,18	41,59	28,53	18,73	13,45	14,84	16,37	16,33	24,11
1982	10,80	11,56	10,63	9,85	23,13	25,23	52,11	39,88	29,61	28,41	43,11	58,76	28,59
1983	44,11	29,58	26,63	29,12	32,38	34,39	55,28	38,80	36,58	43,50	40,67	35,68	37,23
1984	26,94	25,49	24,28	19,10	28,68	28,46	114,22	44,44	44,07	53,48	45,64	44,06	41,57
1985	32,02	24,32	23,34	30,36	30,09	32,30	30,67	22,70	14,79	19,01	24,65	25,13	25,78
1986	23,78	21,83	21,18	23,34	30,18	78,12	30,97	39,45	30,80	33,77	40,28	44,36	34,84
1987	33,17	28,51	29,00	26,99	29,74	31,27	149,05		55,00	58,53	64,86	57,52	51,24
1988	43,93	34,73	34,72	34,65	26,34	25,01	20,02	23,91	15,68	16,85	22,19	22,07	26,67
1989	25,32	28,71	23,27	15,68	18,86	14,41	19,91	35,85	36,74	35,74	38,35	33,14	27,17
1990	27,43	27,45	20,30	16,31	17,43	13,58	23,69	20,85	22,47	16,26	19,02	23,46	20,69
1991	20,90	16,21	14,96	14,18	27,86	39,26	66,63	41,65	49,29	43,31	45,99	44,63	35,40
1992	34,75	30,28	33,48	27,81	30,31	61,91	45,93	43,10	44,62	41,96	41,11	37,14	39,37
1993	32,88	28,81	30,04	36,07	36,05	29,69	34,12	31,07	26,11	23,63	30,98	33,81	31,10
1994	31,55	27,77	24,01	18,02	18,71	25,90	36,07	37,05	32,69	26,69	35,50	36,34	29,19
1995	31,43	27,10	22,57	20,58	17,64	26,20	31,55	31,35	30,10	22,36	38,28	36,45	27,97
1996	28,17	17,65	17,90	25,20	17,37	22,03	22,65	21,38	10,56	8,41	8,16	8,45	17,33
1997	12,80	10,24	12,64	10,55	17,62	95,91	46,38	67,71	66,87	58,08	65,63	67,93	44,36
1998	50,78	34,78	35,16	37,92	27,65	28,64	21,82	19,00	13,20	14,12	14,21	21,10	26,53
1999	21,15	16,71	13,97	12,99	10,63	16,13	20,91	29,31	41,36	36,49	38,20	32,68	24,21



Anexo 3.1 Caudales medios mensuales de la estación Río Mapocho en Rinconada de Maipú, desde 1959 hasta el 2008 (continuación)

Estación: Río Mapocho en Rinconada de Maipú								UTM Norte: 6292177					
Código BNA: 05737002-5								UTM Este: 331232					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
2000	29,22	24,22	17,75	18,91	17,59	59,67	50,19	46,28	58,25	61,73	56,69	59,15	41,64
2001	41,34	40,08	40,40	35,65	27,66	33,87	65,47	65,74	57,30	53,83	57,85	58,54	48,14
2002	16,18	44,51	42,09	36,57	39,57	144,52	67,38	89,09	73,39	62,85	71,45	62,66	65,02
2003	39,20	22,34	35,93	34,97	33,95								33,28
2004	48,22	46,10	36,78	33,71	24,50	26,99	28,09	35,08	32,99	24,14	45,39	41,57	35,30
2005	49,42	37,67	36,64	29,85	48,00	121,25	52,08	67,78	55,65	60,50	72,64	64,92	58,03
2006	43,40	33,29	38,98	34,88	20,77	33,50	69,44	57,77	46,77	60,53	60,64	54,98	46,25
2007	46,28	37,99	34,14	26,69	16,31	29,69	27,69	28,10	26,87	31,11	35,68	33,55	31,18
2008	30,30	24,88	19,47	16,15	44,67	74,70	40,89	72,80	33,00	39,32	56,62	44,97	41,48
M/m	24,97	21,67	20,98	19,97	22,47	35,21	38,25	35,61	31,14	29,52	32,96	32,43	28,56
			1 - 10 días con información en el mes										
			11 - 20 días con información en el mes										
			Más de 20 días con información en el mes										

Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

Anexo 3.2 Caudales medios mensuales de la estación Río Maipo en Naltagua, desde 1948 hasta 1960

Estación: Río Maipo en Naltagua								UTM Norte: 5265674					
Código BNA: 05717005 - 0								UTM Este: 320883					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
1948							89,23		20,59	36,40	75,28	181,68	80,63
1949	113,62	39,44	23,87	23,33	78,24	69,44	51,37	36,96	15,81	11,81	36,96		45,53
1950	18,29	10,93	10,81	20,72	33,18	26,83	21,27	18,16	32,71	11,45	20,53	76,50	25,12
1951	40,38	7,86	8,33	12,20	20,02	39,20	70,30	53,92	25,08	12,43	37,36	64,36	32,62
1952	61,83	29,10	12,54	11,05	32,46	46,37	42,56	27,32	25,84	14,90	29,76	79,14	34,41
1953	33,61	22,82	13,86	13,15	28,31	34,49	50,62	99,41	157,12	84,36	179,98	328,61	87,19
1954	248,39	170,47	76,52		64,20	83,78	75,93	54,42	33,93	18,74	62,86	74,41	87,60
1955	96,66	29,32	16,93	18,01	21,73	41,07	34,74	19,41	17,06	12,38	39,87	38,46	32,14
1956	15,26	7,06	9,90	12,39	17,10	15,74	23,87	43,24	16,16	7,03	21,57	14,44	16,98
1957	13,33	5,63	6,50	7,83	28,89	24,38	22,72	24,15	13,76	6,48	18,58	67,27	19,96
1958	52,21	9,91	8,46	9,90	17,27	37,17							22,49
1959					62,17	75,71	117,58	87,05	59,79	27,15	110,64	183,68	90,47
1960	170,65												170,65
M/mes	78,56	33,25	18,77	14,29	36,69	44,93	54,56	46,40	37,99	22,10	57,58	110,86	57,37
			1 - 10 días con información en el mes										
			11 - 20 días con información en el mes										
			Más de 20 días con información en el mes										

Fuente: MOP, DGA, Centro de información de recursos hídricos.

**VIII.4 Anexo n° 4 Datos de niveles estáticos mensuales de pozos en el área de estudio**

Anexo n° 4.1 niveles estáticos estación Fundo San Alberto Marruecos desde 1962 hasta el 2008

Estación: Fundo San Alberto Marruecos							UTM Norte: 5286593						
Código BNA: 05737009 - 2							UTM Este: 332568						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,08	17,08
1963	16,69	0,00	0,00	0,00	0,00	17,24	17,34	0,00	0,00	0,00	17,05	0,00	17,34
1964	16,34	0,00	15,63	0,00	15,47	16,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,72
1965	0,00	0,00	0,00	17,14	0,00	17,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,21	17,87
1966	0,00	0,00	15,71	0,00	0,00	16,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,72	16,72
1967	0,00	0,00	0,00	16,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,24
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,06	0,00	21,90	0,00	0,00	21,90
1970	20,29	19,97	0,00	19,83	19,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,29
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	20,18	0,00	20,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,60
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,57	19,57
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,69	18,37	18,37
1975	18,16	18,05	17,79	17,62	17,64	18,00	18,40	18,95	19,12	19,37	19,29	0,00	19,37
1976	19,79	19,58	18,86	18,74	18,97	0,00	19,06	19,20	19,27	18,90	0,00	18,71	19,79
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	16,00	16,70	17,70	0,00	17,20	19,30	18,10	16,50	19,00	18,20	17,20	16,90	19,30
1985	17,30	17,30	17,10	19,50	16,60	15,10	17,50	17,70	19,00	20,80	17,30	18,90	20,80
1986	18,98	0,00	18,20	0,00	18,20	0,00	18,40	0,00	17,70	0,00	18,00	0,00	18,98
1987	17,60	18,70	0,00	17,50	0,00	19,50	0,00	15,50	0,00	16,00	0,00	17,30	19,50
1988	15,00	0,00	0,00	0,00	15,90	0,00	18,10	0,00	15,00	0,00	14,70	18,70	18,70
1989	0,00	18,10	0,00	0,00	0,00	19,30	0,00	18,80	0,00	19,90	0,00	18,90	19,90
1990	0,00	19,80	0,00	0,00	21,20	0,00	19,10	0,00	19,80	0,00	22,30	0,00	21,20
1991	21,00	0,00	0,00	0,00	21,90	0,00	22,50	0,00	24,20	0,00	19,20	0,00	24,20
1992	0,00	0,00	0,00	21,40	0,00	23,00	0,00	21,30	0,00	21,10	0,00	21,60	23,00
1993	0,00	17,10	0,00	20,40	0,00	21,20	0,00	22,60	0,00	0,00	0,00	22,00	22,60
1994	0,00	21,70	0,00	21,70	0,00	20,10	0,00	23,00	0,00	23,10	0,00	20,70	23,10
1995	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	24,90	0,00	25,20	0,00	25,20	0,00	24,20	25,20
1996	0,00	25,70	0,00	25,40	0,00	24,20	0,00	26,10	0,00	0,00	0,00	24,70	26,10
1997	0,00	26,30	24,80	0,00	0,00	0,00	0,00	25,40	0,00	0,00	0,00	0,00	26,30
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,90	0,00	24,90	24,90

Anexo n° 4.1 niveles estáticos estación Fundo San Alberto Marruecos desde 1962 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: Fundo San Alberto Marruecos							UTM Norte: 5286593						
Código BNA: 05737009 - 2							UTM Este: 332568						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1999	0,00	24,30	0,00	24,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,90	0,00	25,40	26,90
2000	0,00	25,00	0,00	23,10	0,00	0,00	0,00	26,50	0,00	26,60	0,00	25,50	26,60
2001	0,00	24,70	0,00	26,40	0,00	26,00	0,00	0,00	0,00	26,40	0,00	0,00	26,40
2002	0,00	0,00	24,50	23,20	0,00	0,00	0,00	24,40	0,00	24,90	0,00	23,90	24,90
2003	0,00	0,00	0,00	22,80	0,00	23,20	0,00	23,60	0,00	24,20	0,00	23,40	24,20
2004	0,00	23,00	0,00	23,20	0,00	24,70	0,00	24,90	0,00	25,70	0,00	26,00	26,00
2005	0,00	0,00	0,00	25,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,40	0,00	25,60	26,40
2006	0,00	25,40	0,00	24,80	0,00	25,50	0,00	25,60	0,00	25,80	0,00	25,10	25,80
2007	0,00	24,70	0,00	24,40	0,00	25,10	0,00	21,20	0,00	26,70	0,00	25,30	26,70
2008	0,00	24,40	0,00	24,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,40	0,00	25,30	26,40

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.

Anexo n° 4.2 niveles estáticos estación Chacra Andalucía desde 1969 hasta el 2008

Estación: Chacra Andalucía							UTM Norte: 5281391						
Código BNA: 05737010 - 6							UTM Este: 329409						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	19,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,13
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,20	0,00	17,42	17,62	16,71	15,80	17,62
1973	15,10	0,00	13,60	12,98	12,70	13,13	13,64	14,73	0,00	0,00	0,00	0,00	15,10
1974	0,00	0,00	13,77	14,32	14,11	14,73	14,64	15,38	0,00	15,42	14,55	0,00	15,42
1975	14,18	0,00	0,00	13,28	13,44	0,00	14,78	15,35	15,50	15,81	15,70	0,00	15,81
1976	14,60	0,00	15,04	15,00	14,86	15,40	15,55	15,80	15,94	0,00	15,58	15,30	15,94
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	12,40	16,70	0,00	16,70	14,60	14,10	14,30	16,90	15,50	18,00	13,30	16,90
1985	13,90	16,80	17,00	15,90	13,90	13,80	14,90	15,55	17,60	17,50	15,70	14,90	17,60
1986	15,00	14,60	14,70	0,00	15,80	0,00	16,60	0,00	17,50	0,00	15,70	0,00	17,50
1987	0,00	0,00	0,00	15,90	0,00	16,80	0,00	13,20	0,00	13,80	0,00	15,40	16,80
1988	12,60	0,00	15,90	0,00	12,90	0,00	14,40	0,00	0,00	0,00	16,20	17,50	17,50
1989	0,00	18,80	0,00	0,00	0,00	8,50	0,00	16,90	0,00	17,40	0,00	16,20	18,80
1990	0,00	16,00	0,00	0,00	16,70	0,00	17,90	0,00	18,60	0,00	0,00	0,00	18,60
1991	17,60	0,00	17,30	17,70	0,00	0,00	18,50	0,00	19,30	0,00	18,50	0,00	19,30
1992	0,00	0,00	0,00	16,40	0,00	17,40	0,00	18,00	0,00	18,60	0,00	17,40	18,60
1993	0,00	4,20	0,00	16,00	0,00	17,60	0,00	0,00	0,00	18,70	0,00	17,90	18,70
1994	0,00	16,90	0,00	19,50	0,00	18,40	0,00	19,40	0,00	17,90	0,00	18,70	19,50
1995	0,00	18,90	0,00	0,00	0,00	18,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40	22,40

Anexo n° 4.2 niveles estáticos estación Chacra Andalucía desde 1969 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: Chacra Andalucía							UTM Norte: 5281391						
Código BNA: 05737010 - 6							UTM Este: 329409						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1996	0,00	0,00	19,70	0,00	19,10	0,00	20,40	0,00	21,40	0,00	22,30	0,00	22,30
1997	0,00	0,00	23,10	24,80	0,00	0,00	0,00	22,40	22,50	0,00	22,40	0,00	24,80
1998	0,00	0,00	0,00	19,20	0,00	20,40	0,00	19,50	0,00	22,40	0,00	22,50	22,50
1999	0,00	22,00	0,00	22,00	0,00	22,70	0,00	23,60	0,00	23,80	0,00	21,90	23,80
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,90	0,00	22,80	0,00	21,50	22,90
2001	0,00	20,40	0,00	20,20	0,00	21,70	0,00	22,60	0,00	22,10	0,00	0,00	22,60
2002	0,00	20,20	0,00	20,10	0,00	0,00	0,00	20,60	0,00	21,40	0,00	20,40	21,40
2003	0,00	0,00	0,00	18,70	0,00	19,00	0,00	19,70	0,00	21,00	0,00	18,00	21,00
2004	0,00	0,00	0,00	20,30	0,00	20,10	0,00	21,30	0,00	22,20	0,00	20,90	22,20
2005	0,00	0,00	0,00	21,00	0,00	22,00	0,00	22,50	0,00	22,20	0,00	0,00	22,50
2006	0,00	22,30	0,00	19,80	0,00	20,70	0,00	21,10	0,00	21,30	0,00	20,80	22,30
2007	0,00	18,90	0,00	18,60	0,00	20,00	0,00	21,40	0,00	21,70	0,00	20,80	21,70
2008	0,00	20,40	0,00	20,70	0,00	0,00	0,00	21,30	0,00	22,40	0,00	22,10	22,40

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.

Anexo n° 4.3 niveles estáticos estación A.P El Monte desde 1975 hasta el 2008

Estación: A.P. El Monte							UTM Norte: 5272065						
Código BNA: 05737013 - 0							UTM Este: 316615						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	2,86	2,75	0,00	3,33
1976	2,45	2,43	2,35	2,40	2,43	3,03	3,46	3,73	0,00	3,77	3,46	3,25	3,77
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	13,00	12,10	13,80	4,70	12,60	8,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,80
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	5,30	6,60	5,80	3,97	7,01	5,70	7,80	7,30	7,80
1986	6,80	7,00	8,00	0,00	6,10	0,00	7,30	0,00	8,20	0,00	8,50	0,00	8,20
1987	9,30	7,50	0,00	7,90	0,00	6,70	0,00	5,70	0,00	6,90	0,00	6,80	9,30
1988	8,80	0,00	9,10	0,00	8,60	0,00	9,50	0,00	8,90	0,00	9,40	9,90	9,90
1989	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00	9,20	0,00	6,90	0,00	7,90	0,00	20,80	20,80
1990	0,00	12,10	0,00	0,00	12,30	0,00	11,90	0,00	4,90	0,00	12,20	0,00	12,30
1991	12,90	0,00	4,30	0,00	12,00	11,40	0,00	14,30	0,00	12,30	0,00	12,00	14,30
1992	15,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40
1993	0,00	18,10	0,00	0,00	0,00	15,30	0,00	15,50	0,00	15,50	0,00	11,50	18,10
1994	0,00	13,30	0,00	14,10	0,00	19,00	0,00	16,90	0,00	16,00	0,00	15,80	19,00
1995	0,00	15,90	0,00	0,00	0,00	16,10	0,00	18,50	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50
1996	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	4,20	0,00	18,50	18,50
1997	0,00	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	15,10	3,90	0,00	4,30	0,00	3,80	15,10
1998	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	15,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,90

Anexo n° 4.3 niveles estáticos estación A.P El Monte desde 1975 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: A.P. El Monte								UTM Norte: 5272065					
Código BNA: 05737013 - 0								UTM Este: 316615					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1999	0,00	5,30	0,00	16,00	0,00	4,70	0,00	5,20	0,00	4,30	0,00	4,60	16,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,90	0,00	4,70	0,00	0,00	0,00	4,60	10,90
2001	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	4,00	0,00	0,00	5,50
2002	0,00	4,80	0,00	4,90	0,00	0,00	0,00	12,80	0,00	5,50	0,00	0,00	12,80
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,10
2004	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	12,00	12,50
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00	12,40	0,00	11,60	0,00	12,00	12,40
2007	0,00	12,40	0,00	12,20	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	12,50	0,00	12,50	12,50
2008	0,00	12,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,70

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.

Anexo n° 4.4 niveles estáticos estación Parcela 7 Chiñigüe desde 1967 hasta el 2008

Estación: Parcela 7 Chiñihue								UTM Norte: 5269367					
Código BNA: 05740006 - 4								UTM Este: 307935					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	1,90
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72
1969	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	1,02	1,20
1970	0,00	0,95	0,78	1,08	1,34	2,20	0,00	1,87	0,00	1,52	0,00	0,00	2,20
1971	0,77	0,00	0,00	1,18	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,80	0,70	0,00	0,80
1976	0,66	0,65	0,63	0,68	0,74	1,22	1,67	2,29	0,00	2,44	0,00	1,94	2,44
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	1,30	0,90	1,60	1,20	1,80	1,60	0,60	2,00	2,20	1,10	0,90	0,70	2,20
1985	0,90	0,60	0,70	0,90	1,10	2,20	2,50	2,58	1,60	1,10	1,20	1,28	2,58
1986	1,50	1,30	1,60	0,00	0,80	0,00	2,20	0,00	1,20	0,00	2,10	0,00	2,20
1987	1,30	1,20	0,00	1,60	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	1,30	0,00	1,30	2,00
1988	0,90	0,00	1,10	0,00	1,90	0,00	2,50	0,00	2,20	0,00	1,30	1,60	2,50
1989	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	1,80	0,00	1,40	0,00	1,30	2,60
1990	0,00	1,20	0,00	0,00	1,70	0,00	2,10	0,00	2,50	0,00	1,40	0,00	2,50
1991	1,20	0,00	1,20	1,80	1,80	1,70	0,00	2,00	0,00	1,70	0,00	1,20	2,00

Anexo n° 4.4 niveles estáticos estación Parcela 7 Chiñigüe desde 1967 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: Parcela 7 Chiñihue							UTM Norte: 5269367						
Código BNA: 05740006 - 4							UTM Este: 307935						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1992	1,40	0,00	1,50	0,00	1,70	0,00	1,90	0,00	2,20	0,00	1,20	0,00	2,20
1993	0,00	0,00	1,60	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	2,60	0,00	2,40
1994	1,10	0,00	1,50	0,00	2,10	0,00	2,50	0,00	2,30	0,00	1,30	0,00	2,50
1995	1,20	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	2,60	0,00	1,65	0,00	0,00	0,00	2,60
1996	0,00	0,00	1,48	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	2,70	1,70	0,00	1,20	2,70
1997	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	1,85	0,00	4,40	0,00	1,90	4,40
1998	0,00	0,00	0,00	1,90	0,00	2,70	0,00	2,75	0,00	0,00	0,00	4,10	4,10
1999	0,00	2,70	0,00	4,50	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	4,50
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	1,70	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	1,80	0,00	0,00	2,50
2002	0,00	1,20	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	2,40	0,00	2,20	2,40
2003	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	2,70	0,00	2,50	0,00	2,20	0,00	0,00	3,20
2004	0,00	3,20	0,00	2,70	0,00	3,20	0,00	0,00	4,40	31,40	0,00	29,80	31,40
2005	0,00	29,90	0,00	30,00	0,00	2,70	0,00	3,00	0,00	29,20	0,00	26,00	30,00
2006	0,00	29,60	0,00	29,20	0,00	22,80	0,00	3,00	0,00	2,10	0,00	1,70	29,20
2007	0,00	1,70	0,00	2,10	0,00	3,00	0,00	3,30	0,00	2,10	0,00	4,20	4,20
2008	0,00	2,40	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	2,10	0,00	1,60	2,40

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.

Anexo n° 4.5 niveles estáticos estación Viña Santa Inés desde 1962 hasta el 2008

Estación: Viña Santa Inés							UTM Norte: 5265602						
Código BNA: 05717010 - 7							UTM Este: 327013						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	2,70
1963	0,00	0,00	3,04	0,00	0,00	2,85	2,79	0,00	2,33	0,00	0,00	0,00	3,04
1964	0,00	0,00	1,29	1,76	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50
1965	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,28
1966	0,00	0,00	1,83	0,00	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,87	0,00	4,39	0,00	2,93	4,39
1970	0,00	2,68	2,35	3,26	3,54	3,35	3,30	3,00	0,00	3,67	0,00	0,00	3,67
1971	0,00	3,40	0,00	3,42	3,30	0,00	0,00	2,50	2,59	3,10	2,09	0,00	3,42
1972	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23	2,02	2,09	0,00	1,73	0,99	2,50
1973	0,66	0,00	0,75	1,25	1,54	0,00	1,98	0,00	0,00	0,00	1,70	0,00	1,98
1974	0,00	0,00	2,22	0,00	0,00	0,00	1,60	2,03	0,00	2,15	0,00	0,00	2,22
1975	0,00	0,00	2,06	2,22	0,00	2,52	0,00	2,67	2,78	2,91	2,44	0,00	2,91
1976	87,94	87,85	2,28	2,20	2,31	2,46	2,64	2,68	2,55	0,00	2,20	2,07	87,94
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo n° 4.5 niveles estáticos estación Viña Santa Inés desde 1962 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: Viña Santa Inés							UTM Norte: 5265602						
Código BNA: 05717010 - 7							UTM Este: 327013						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	1,90	2,20	2,40	2,60	2,20	0,80	1,60	2,50	2,30	1,60	0,80	2,60
1985	1,60	1,80	0,00	1,80	0,00	2,60	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	2,90
1986	2,75	2,60	2,40	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	2,90	0,00	2,10	0,00	2,90
1987	1,60	2,60	0,00	1,60	0,00	1,90	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60
1988	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	3,10
1990	0,00	3,20	0,00	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30
1991	0,00	0,00	9,80	0,00	4,60	0,00	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,80
1992	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	2,60	0,00	3,20	0,00	3,30	0,00	3,80	3,80
1993	0,00	2,10	0,00	2,80	0,00	2,60	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80
1994	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	3,70	0,00	3,90	0,00	5,40	0,00	4,70	5,40
1995	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	4,50
1996	0,00	3,50	0,00	3,10	0,00	3,50	0,00	3,80	0,00	0,00	0,00	4,30	4,30
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
1998	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	4,20	0,00	4,00	4,20
1999	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90
2000	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	3,30	0,00	3,10	0,00	10,20	0,00	0,00	10,20
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	3,90
2002	0,00	0,00	0,00	9,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,30
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80
2004	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	3,80	0,00	0,00	3,90	4,00	0,00	0,00	4,00
2005	0,00	3,70	0,00	3,80	0,00	2,80	0,00	3,60	0,00	3,10	0,00	3,70	3,80
2006	0,00	1,40	0,00	2,80	0,00	3,00	0,00	2,80	0,00	2,80	0,00	0,00	3,00
2007	0,00	2,10	0,00	3,00	0,00	3,70	0,00	3,80	0,00	0,00	0,00	3,80	3,80
2008	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30	0,00	2,90	0,00	3,50	3,50

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.

Anexo n° 4.6 niveles estáticos estación A.P. Isla de Maipo desde 1965 hasta el 2008

Estación: A.P. Isla de Maipo							UTM Norte: 5263651						
Código BNA: 05717009 - 3							UTM Este: 324783						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1965	0,00	2,10	0,00	1,92	0,00	0,00	0,00	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10
1966	1,57	0,00	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	0,00	0,00	1,69
1967	0,00	0,00	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	0,00	0,00	1,92
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	0,00	1,80	1,93
1970	0,00	1,68	1,73	1,78	1,76	1,64	1,56	1,20	0,00	1,82	0,00	2,00	2,00
1971	2,04	1,90	0,00	1,92	1,80	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,04
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	0,00	0,00	0,00	1,85

Anexo n° 4.6 niveles estáticos estación A.P. Isla de Maipo desde 1965 hasta el 2008  
(Continuación)

Estación: A.P. Isla de Maipo							UTM Norte: 5263651						
Código BNA: 05717009 - 3							UTM Este: 324783						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Max
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	2,20	6,60	2,30	2,30	2,20	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	15,70	2,47	2,57	13,81	13,70	14,70	7,70	15,70
1986	14,10	2,40	13,80	0,00	2,60	0,00	2,70	0,00	2,50	0,00	14,80	0,00	14,10
1987	13,50	3,60	0,00	14,20	0,00	13,60	0,00	11,90	0,00	14,40	0,00	2,40	14,40
1988	13,50	0,00	14,50	0,00	13,80	0,00	13,80	0,00	13,60	0,00	3,30	14,90	14,90
1989	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	13,60	0,00	7,40	0,00	13,60	0,00	13,80	13,80
1990	0,00	2,30	0,00	0,00	3,30	0,00	14,10	0,00	14,60	0,00	14,70	0,00	14,70
1991	15,80	0,00	14,50	0,00	14,20	0,00	14,10	0,00	4,00	0,00	13,90	0,00	15,80
1992	0,00	0,00	0,00	16,70	0,00	1,50	0,00	1,70	0,00	2,40	0,00	0,00	16,70
1993	0,00	8,70	0,00	8,60	0,00	7,70	0,00	6,90	0,00	12,90	0,00	3,70	12,90
1994	0,00	13,70	0,00	14,10	0,00	2,60	0,00	2,30	0,00	12,90	0,00	14,20	14,20
1995	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	2,10	0,00	2,60	0,00	19,60	19,60
1996	0,00	22,60	0,00	21,30	0,00	2,60	0,00	2,60	0,00	2,60	0,00	2,90	22,60
1997	0,00	3,10	2,90	0,00	0,00	1,60	0,00	19,30	0,00	2,20	0,00	2,10	19,30
1998	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	22,90	0,00	22,70	0,00	2,90	0,00	2,90	22,90
1999	0,00	22,60	0,00	2,80	0,00	2,80	0,00	2,90	0,00	2,30	0,00	22,30	22,60
2000	0,00	2,80	0,00	2,00	0,00	2,60	0,00	2,50	0,00	2,60	0,00	2,80	2,80
2001	0,00	22,80	0,00	23,90	0,00	24,30	0,00	22,20	0,00	0,00	0,00	0,00	24,30
2002	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	1,90	0,00	0,00	2,90
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	90,45	90,45
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,90	0,00	14,90	0,00	14,50	0,00	14,80	14,90
2007	0,00	14,90	0,00	2,80	0,00	14,80	0,00	0,00	3,50	4,90	0,00	15,10	15,10
2008	0,00	15,70	0,00	17,80	0,00	0,00	0,00	5,60	0,00	14,50	0,00	14,40	17,80

Fuente: MOP, DGA. Centro de información de recursos hídricos.



**VIII.5 Anexo n° 5 Características físico químicas de las series de suelo para la determinación de la capacidad de campo en el área de estudio**

**1.- Serie de suelo Agua del Gato**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	15.40	15.70	20.50	25.40	34.80	56.00
Limo (%)	54.10	53.40	46.40	41.20	44.00	31.30
Arcilla (%)	30.50	30.90	33.10	33.40	21.20	12.70
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.50	1.50	1.30	1.10	1.30	1.00
Espesor horizonte (dm)	1.80	1.10	0.90	1.20	0.60	2.40
*CCEU (mm/dm)	18.00	18.00	15.50	11.00	22.00	18.00
Peso de suelo fino (g)	84.50	84.30	79.50	74.60	65.20	44.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.85	0.84	0.80	0.75	0.65	0.44
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	15.30	15.12	12.40	8.25	14.30	7.92
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	27.54	16.63	11.16	9.90	8.58	19.00
CCEU Total (mm)						92.81

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**2.- Serie de suelo Alhue**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	58.50	64.00	60.10	69.70
Limo (%)	24.70	18.60	20.90	19.50
Arcilla (%)	16.80	17.40	19.00	10.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.40	1.30	1.50
Espesor horizonte (dm)	1.90	1.50	1.40	0.70
*CCEU (mm/dm)	14.50	14.50	16.00	15.50
Peso de suelo fino (g)	41.50	36.00	39.90	30.30
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.41	0.36	0.40	0.30
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.02	5.22	6.40	4.70
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	11.44	7.83	8.96	3.29
CCEU Total (mm)				31.52

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**3.- Serie de suelo Alhue Santa Inés**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	78.10	77.80	76.10	81.50	80.40	74.90
Limo (%)	13.70	13.90	20.00	14.00	14.90	18.30
Arcilla (%)	8.20	8.30	3.90	4.50	4.70	6.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.20	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50
Espesor horizonte (dm)	1.40	1.60	1.50	2.50	1.80	0.70
*CCEU (mm/dm)	18.00	18.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Peso de suelo fino (g)	21.90	22.20	23.90	18.50	19.60	25.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.22	0.22	0.24	0.19	0.20	0.25
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	3.96	3.96	3.84	3.04	3.20	4.00
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	5.54	6.34	5.76	7.60	5.76	2.80
CCEU Total (mm)						33.80

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

#### 4.- Serie de suelo Codigua

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	54.40	94.90	98.20	98.30	98.00
Limo (%)	25.90	4.90	1.80	1.70	0.00
Arcilla (%)	19.70	0.20	0.00	0.00	0.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	2.20	1.80	1.50	1.50	3.00
*CCEU (mm/dm)	13.00	9.00	9.00	9.00	9.00
Peso de suelo fino (g)	45.60	5.10	1.80	1.70	2.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.46	0.05	0.02	0.02	0.02
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	5.98	0.45	0.18	0.18	0.18
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	13.16	0.81	0.27	0.27	0.54
CCEU Total (mm)					15.05

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

#### 5.- Serie de suelo Chiñihue

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	45.20	45.30	42.50	50.20	65.30
Limo (%)	32.30	31.60	37.00	27.30	20.50
Arcilla (%)	22.50	23.10	20.50	22.50	10.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	1.40	1.40	1.70	1.20	4.30
*CCEU (mm/dm)	13.00	13.00	13.00	13.00	15.50
Peso de suelo fino (g)	54.80	54.70	57.50	49.80	30.70
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.55	0.55	0.58	0.50	0.31
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.15	7.15	7.54	6.50	4.81
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.01	10.01	12.82	7.80	20.68
CCEU Total (mm)					61.32

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

#### 6.- Serie de suelo Cholqui

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	27.30	23.00	25.10	53.20	39.70	34.60
Limo (%)	47.40	49.50	32.30	23.10	36.50	44.10
Arcilla (%)	25.00	27.50	22.60	23.70	23.80	21.30
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.60	1.60	1.90	1.90	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.80	1.40	2.10	1.90	1.80	1.00
*CCEU (mm/dm)	18.00	11.00	14.50	12.50	13.00	18.00
Peso de suelo fino (g)	72.40	77.00	74.90	46.80	60.30	65.40
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.72	0.77	0.75	0.47	0.60	0.65
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.96	8.47	10.88	5.88	7.80	11.70
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	23.33	11.86	22.85	11.17	14.04	11.70
CCEU Total (mm)						94.95

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**7 .- Serie de suelo Isla de Huechún**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	42.10	40.00	75.20	70.50
Limo (%)	38.50	39.20	15.00	19.70
Arcilla (%)	19.40	20.80	9.80	9.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.50	1.60	1.60	1.60
Espesor horizonte (dm)	2.00	2.10	3.00	2.90
*CCEU (mm/dm)	13.00	13.00	15.50	15.50
Peso de suelo fino (g)	57.90	60.00	24.80	29.50
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.58	0.60	0.25	0.30
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.54	7.80	3.88	4.65
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	15.08	16.38	11.64	13.48
CCEU Total (mm)				56.58

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**8 .- Serie de suelo La Higuera**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	20.20	18.00	17.60	21.90	27.20
Limo (%)	42.00	52.10	36.80	46.70	60.80
Arcilla (%)	37.80	29.90	34.60	31.40	12.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	1.40	2.50	2.90	2.20	1.00
*CCEU (mm/dm)	10.00	14.50	10.00	11.00	19.50
Peso de suelo fino (g)	79.80	82.00	71.40	78.10	72.80
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.80	0.82	0.71	0.78	0.73
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	8.00	11.89	7.10	8.58	14.24
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	11.20	29.73	20.59	18.88	14.24
CCEU Total (mm)					94.64

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**9 .- Serie de suelo Las Perdices**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	95.70	69.00	76.80	80.60
Limo (%)	29.00	21.00	15.20	11.90
Arcilla (%)	1.40	10.00	8.00	7.50
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	2.40	2.50	1.90	2.70
*CCEU (mm/dm)	9.00	15.50	15.50	15.50
Peso de suelo fino (g)	4.30	31.00	23.20	19.40
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.04	0.31	0.23	0.19
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	0.36	4.80	3.56	2.95
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	0.86	12.00	6.76	7.97
CCEU Total (mm)				27.59

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**10 .- Serie de suelo Las Perdices II**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	73.40	73.30	74.10	96.70	93.20
Limo (%)	18.70	20.00	22.70	1.70	8.00
Arcilla (%)	7.90	6.70	3.20	1.60	1.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.90	1.80	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.60	2.40	1.70	1.70	1.60
*CCEU (mm/dm)	15.50	16.00	13.00	9.00	9.00
Peso de suelo fino (g)	26.60	26.70	25.90	3.30	9.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.27	0.27	0.26	0.03	0.09
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	4.19	4.32	3.38	0.27	0.81
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.70	1037	5.74	0.46	1.30
CCEU Total (mm)					24.57

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**11 .- Serie de suelo Lonquen**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	50.20	53.10	60.00	72.40	89.30
Limo (%)	30.20	30.10	28.20	20.30	8.30
Arcilla (%)	19.60	16.80	11.80	7.30	2.40
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.60	1.60
Espesor horizonte (dm)	1.60	1.70	1.70	2.50	2.50
*CCEU (mm/dm)	13.00	14.50	15.50	16.00	9.00
Peso de suelo fino (g)	49.80	46.90	40.00	27.60	10.70
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.50	0.47	0.40	0.28	1.00
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.50	6.82	6.20	4.48	9.00
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.40	11.59	10.54	11.20	22.50
CCEU Total (mm)					66.23

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**12 .- Serie de suelo Lonquen variante**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	45.10	50.80	54.90	54.20
Limo (%)	35.70	33.40	24.20	25.00
Arcilla (%)	19.20	15.80	20.90	20.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.50	1.90	1.80	1.90
Espesor horizonte (dm)	1.70	1.30	1.80	1.70
*CCEU (mm/dm)	13.00	14.50	12.50	12.50
Peso de suelo fino (g)	54.90	49.20	45.10	45.80
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.55	0.49	0.45	0.46
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.15	7.11	5.63	5.75
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.16	9.24	10.13	9.78
CCEU Total (mm)				41.31

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**13 .- Serie de suelo Lo Vázquez**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	55.80	46.90	48.10	56.80	55.30	55.30
Limo (%)	29.40	24.70	21.10	14.00	27.50	27.30
Arcilla (%)	14.80	28.40	30.80	29.20	17.20	17.40
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.80	1.40	1.10	1.40	2.10	2.20
*CCEU (mm/dm)	14.50	10.50	10.50	12.00	13.00	13.00
Peso de suelo fino (g)	44.20	53.10	51.90	43.20	44.70	44.70
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.44	0.53	0.52	0.43	0.45	0.45
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.38	5.56	5.46	5.16	5.85	5.85
Espesor (dm)*(CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	11.48	7.78	6.00	7.22	12.29	12.87
CCEU Total (mm)						57.64

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**14 .- Serie de suelo Lo Vázquez II**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	43.10	42.30	38.00	35.00	43.90
Limo (%)	43.30	39.10	40.70	42.10	40.30
Arcilla (%)	13.60	18.60	21.30	22.90	15.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.90	1.90	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.90	2.10	1.40	1.60	3.00
*CCEU (mm/dm)	17.00	13.00	18.00	18.00	17.00
Peso de suelo fino (g)	56.90	57.70	62.00	65.00	56.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.57	0.58	0.62	0.65	0.56
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	9.69	7.54	11.16	11.70	9.52
Espesor (dm)*(CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	18.41	15.83	15.62	18.72	28.56
CCEU Total (mm)					97.14

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**15 .- Serie de suelo Los Cardenales**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	32.20	35.60	29.70	13.40
Limo (%)	47.70	45.80	50.60	58.60
Arcilla (%)	20.10	18.60	19.70	28.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.50	1.60
Espesor horizonte (dm)	2.60	2.50	3.90	1.00
*CCEU (mm/dm)	18.00	18.00	14.50	14.50
Peso de suelo fino (g)	67.00	64.40	70.30	86.60
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.68	0.64	0.70	0.87
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.24	11.52	10.15	12.62
Espesor (dm)*(CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	31.82	28.80	39.59	12.62
CCEU Total (mm)				112.83

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**16 .- Serie de suelo Maipo**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	42.00	38.00	25.80	33.30	40.30	45.80
Limo (%)	41.70	39.70	40.60	34.90	31.90	31.60
Arcilla (%)	27.30	22.30	33.60	31.80	27.80	22.60
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.50	1.60	1.70	1.90	1.90	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.60	1.70	1.70	2.40	1.80	0.80
*CCEU (mm/dm)	18.00	13.00	11.00	11.00	11.00	13.00
Peso de suelo fino (g)	69.00	62.00	74.20	66.70	59.70	54.20
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.69	0.62	0.74	0.67	0.60	0.54
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.42	8.06	8.14	7.37	6.60	7.02
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	19.87	13.70	13.83	17.69	11.88	5.62
CCEU Total (mm)						82.59

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**17 .- Serie de suelo Maipo Lo Herrera**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	43.80	25.60	41.20	51.40	51.60
Limo (%)	39.50	45.00	34.00	26.90	25.90
Arcilla (%)	16.70	29.40	24.80	21.70	22.50
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	2.40	1.50	1.80	2.70	1.60
*CCEU (mm/dm)	14.50	11.00	13.00	13.00	13.00
Peso de suelo fino (g)	56.20	74.40	58.80	48.60	48.40
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.56	0.74	0.59	0.49	0.48
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	8.12	8.14	7.67	6.37	6.24
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	19.49	12.21	13.81	17.20	9.98
CCEU Total (mm)					72.69

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**18 .- Serie de suelo Maipo ligeramente profundo**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	51.20	43.10	39.20	48.50	53.40
Limo (%)	33.00	32.90	37.40	32.20	30.40
Arcilla (%)	15.80	24.00	23.40	19.30	16.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.40	1.60	1.00	1.70	1.30
*CCEU (mm/dm)	14.50	13.00	13.00	13.00	14.50
Peso de suelo fino (g)	48.80	56.90	60.80	51.50	46.60
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.49	0.57	0.61	0.52	0.47
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.10	7.41	7.93	6.76	6.82
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	9.94	11.86	7.93	11.49	8.87
CCEU Total (mm)					50.09

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

19.- Serie de suelo Pahuilmo

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	13.70	13.50	15.10	15.10
Limo (%)	65.10	45.70	44.90	43.90
Arcilla (%)	21.20	40.80	40.00	41.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.50	1.40	1.40	1.50
Espesor horizonte (dm)	2.50	2.40	2.10	3.00
*CCEU (mm/dm)	14.50	10.00	10.00	10.00
Peso de suelo fino (g)	86.30	86.50	84.90	84.90
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.86	0.87	0.85	0.85
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.47	8.70	8.50	8.50
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	31.18	20.88	17.85	25.50
CCEU Total (mm)				95.41

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

20.- Serie de suelo Peumo Lo Chacón

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	28.50	32.00	20.20	12.70	12.60	27.50
Limo (%)	49.90	48.00	55.30	52.30	48.70	42.70
Arcilla (%)	21.60	20.00	24.50	35.00	38.70	29.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.50	1.60	1.70	1.70	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.20	1.40	1.20	2.90	2.10	1.20
*CCEU (mm/dm)	18.00	18.00	15.40	18.00	10.00	11.00
Peso de suelo fino (g)	71.50	68.00	79.80	87.30	87.40	72.50
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.72	0.68	0.80	0.87	0.87	0.73
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.96	12.24	11.60	15.66	8.70	8.03
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	15.55	17.13	13.92	45.41	18.27	9.63
CCEU Total (mm)						109.91

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

21.- Serie de suelo Peumo Lo Chacón II

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	53.60	43.70	41.50	44.10
Limo (%)	26.60	21.50	22.00	21.70
Arcilla (%)	19.80	34.80	56.40	34.30
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	2.00	2.00	2.00
Espesor horizonte (dm)	2.60	2.90	2.50	2.00
*CCEU (mm/dm)	13.00	10.50	11.50	10.50
Peso de suelo fino (g)	46.40	56.30	58.60	56.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.46	0.56	0.59	0.56
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	5.98	5.88	6.79	5.88
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	15.54	17.05	16.98	11.76
CCEU Total (mm)				61.33

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**22 .- Serie de suelo Piedmont Cuesta de Barriga**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	20.20	56.70	19.20	60.00
Limo (%)	74.60	30.70	76.90	14.90
Arcilla (%)	5.20	12.60	3.90	25.10
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.80	1.90	2.00
Espesor horizonte (dm)	2.00	1.80	2.90	3.30
*CCEU (mm/dm)	21.50	14.50	21.50	12.50
Peso de suelo fino (g)	79.80	43.30	80.80	40.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.80	0.43	0.81	0.40
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	17.20	6.23	17.41	5.00
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	34.40	11.21	50.48	16.50
CCEU Total (mm)				112.6

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**23 .- Serie de suelo Piedmont Lo Vásquez**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	42.40	31.60	30.50	30.50	37.10
Limo (%)	35.00	36.00	27.60	26.30	25.90
Arcilla (%)	22.60	32.00	41.90	43.20	37.00
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.80	1.80	1.90
Espesor horizonte (dm)	1.70	2.20	0.80	1.80	1.70
*CCEU (mm/dm)	13.00	11.00	10.50	10.50	10.50
Peso de suelo fino (g)	57.60	68.40	69.50	69.50	62.90
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.58	0.68	0.70	0.70	0.63
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.54	7.48	7.35	7.35	6.62
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	12.81	16.46	5.88	13.23	11.25
CCEU Total (mm)					59.63

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**24 .- Serie de suelo Piedmont Lo Vásquez II**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	54.50	56.00	52.10	51.60	39.60
Limo (%)	31.50	37.00	26.90	12.10	23.00
Arcilla (%)	14.00	40.30	21.00	36.30	37.40
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.80	1.90	1.90
Espesor horizonte (dm)	1.60	1.50	2.20	1.70	2.80
*CCEU (mm/dm)	14.50	11.50	13.00	11.50	10.50
Peso de suelo fino (g)	45.50	44.00	47.90	48.40	60.40
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.46	0.44	0.48	0.48	0.60
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.67	5.06	6.24	5.52	6.30
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.67	7.59	13.73	9.38	17.64
CCEU Total (mm)					59.01

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.



**25 .- Serie de suelo Pintue**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	67.20	77.30	84.70	72.00	79.90
Limo (%)	23.00	18.00	11.30	21.70	15.90
Arcilla (%)	9.80	4.70	4.00	6.30	4.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.60	1.70
Espesor horizonte (dm)	2.00	1.60	1.90	2.50	2.00
*CCEU (mm/dm)	15.50	13.00	13.00	13.00	13.00
Peso de suelo fino (g)	32.80	22.70	15.30	28.00	20.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.33	0.23	0.15	0.28	0.20
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	5.12	2.99	1.95	3.64	2.60
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	1.24	4.78	3.71	9.10	5.20
CCEU Total (mm)					33.03

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**26 .- Serie de suelo Pintue II**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	57.60	71.80	83.60	79.70	80.80	50.10
Limo (%)	31.40	5.90	13.90	15.70	10.20	42.70
Arcilla (%)	11.00	24.30	2.50	4.60	9.00	7.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.50	1.50	1.80
Espesor horizonte (dm)	2.30	1.90	2.30	0.90	1.00	1.60
*CCEU (mm/dm)	15.50	12.00	13.00	13.00	15.50	20.00
Peso de suelo fino (g)	42.40	28.20	16.40	20.30	19.20	49.90
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.42	0.28	0.16	0.20	0.19	0.50
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	6.51	3.36	20.08	2.06	2.94	10.00
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	14.97	6.38	4.78	2.34	29.4	16.00
CCEU Total (mm)						73.87

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**27 .- Serie de suelo Pomaire**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	55.90	50.00	63.60	62.90	53.70
Limo (%)	15.60	29.90	17.20	14.60	24.60
Arcilla (%)	28.50	20.10	19.20	22.50	21.70
Densidad g/cm <sup>3</sup>	2.00	1.90	2.00	2.10	1.90
Espesor horizonte (dm)	2.30	2.20	1.70	1.60	1.50
*CCEU (mm/dm)	10.50	13.00	12.50	12.00	12.50
Peso de suelo fino (g)	44.10	50.00	36.40	37.10	46.30
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.44	0.50	0.36	0.37	0.46
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	4.62	6.50	4.50	4.44	5.75
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm))*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.62	14.30	7.65	7.10	8.62
CCEU Total (mm)					48.29

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**28.- Serie de suelo Pomaire II**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	38.20	63.00	32.00	33.90
Limo (%)	37.80	19.90	42.70	42.00
Arcilla (%)	24.00	17.10	25.30	24.10
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.60	1.60
Espesor horizonte (dm)	2.30	2.70	2.80	2.20
*CCEU (mm/dm)	13.00	14.50	11.00	18.00
Peso de suelo fino (g)	61.80	37.00	68.00	66.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.62	0.37	0.68	0.66
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	8.06	5.36	7.48	11.88
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	18.53	14.47	20.94	26.13
CCEU Total (mm)				80.07

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**29.- Serie de suelo Rinconada de Lo Vial**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	55.10	57.50	67.60	72.60	78.40
Limo (%)	28.50	28.60	16.10	21.00	17.20
Arcilla (%)	16.40	13.90	16.30	6.40	4.40
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.70	1.60	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	1.70	1.50	2.20	2.20	2.40
*CCEU (mm/dm)	13.00	14.50	14.50	13.00	13.00
Peso de suelo fino (g)	44.90	42.50	32.40	27.40	21.60
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.45	0.43	0.32	0.27	0.22
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	5.85	6.24	4.64	3.51	2.86
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	9.95	9.35	10.21	7.72	6.86
CCEU Total (mm)					44.09

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

**30.- Serie de suelo Rungue**

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	37.50	35.20	33.60	25.40	23.60
Limo (%)	14.40	20.60	21.50	29.20	31.20
Arcilla (%)	48.10	44.20	44.90	44.40	45.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.50	4.30	2.30	3.20	0.20
*CCEU (mm/dm)	11.50	10.50	10.50	10.50	10.00
Peso de suelo fino (g)	62.50	64.80	66.40	73.60	76.40
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.63	0.65	0.66	0.74	0.76
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.25	6.83	6.93	7.77	7.60
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.88	29.37	15.94	24.86	1.52
CCEU Total (mm)					82.57

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 31.- Serie de suelo Rungue II

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	19.60	19.10	19.00	18.90	19.90
Limo (%)	22.60	23.90	22.10	25.50	24.30
Arcilla (%)	57.80	57.00	58.90	55.90	55.80
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.80	1.80	1.80	1.80
Espesor horizonte (dm)	1.30	1.70	2.20	2.70	2.10
*CCEU (mm/dm)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Peso de suelo fino (g)	80.40	80.90	81.00	81.10	80.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.80	0.81	0.81	0.81	0.80
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	8.80	8.91	8.91	8.91	8.80
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	11.44	15.15	19.60	24.06	18.48
CCEU Total (mm)					88.73

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 32.- Serie de suelo San Diego

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	42.30	44.20	38.20	39.40	58.00
Limo (%)	35.10	33.40	23.80	22.90	14.90
Arcilla (%)	22.60	22.40	38.00	37.70	27.10
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.80	1.80	1.90	1.90	2.00
Espesor horizonte (dm)	2.90	1.40	1.40	1.30	2.00
*CCEU (mm/dm)	13.00	13.00	10.50	10.50	12.50
Peso de suelo fino (g)	57.70	55.80	61.80	60.60	42.00
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.58	0.56	0.62	0.61	0.42
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	7.54	7.28	6.51	6.41	5.25
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	21.87	10.19	9.11	8.33	10.50
CCEU Total (mm)					60.00

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 33.- Serie de suelo San Diego II

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5	H.6
Arena (%)	29.20	33.10	39.00	43.20	24.10	30.30
Limo (%)	50.10	49.60	45.80	39.30	37.00	48.80
Arcilla (%)	20.70	17.30	15.20	17.50	38.90	20.90
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.80	1.90	1.80	2.00
Espesor horizonte (dm)	1.40	1.30	1.00	1.10	1.20	3.00
*CCEU (mm/dm)	14.50	18.00	17.00	13.00	10.00	18.00
Peso de suelo fino (g)	70.80	66.90	61.00	56.80	75.90	69.70
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.71	0.67	0.61	0.57	0.76	0.70
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	10.27	12.06	10.37	7.41	7.60	12.60
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	14.38	15.68	10.37	8.15	9.12	37.80
CCEU Total (mm)						95.5

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 34.- Serie de suelo Santiago

Horizontes	H.1	H.2	H.3
Arena (%)	51.20	53.70	66.30
Limo (%)	40.60	32.40	30.20
Arcilla (%)	8.20	13.90	3.50
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.70
Espesor horizonte (dm)	1.50	2.00	3.50
*CCEU (mm/dm)	20.00	14.50	18.00
Peso de suelo fino (g)	48.80	46.30	33.70
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.49	0.46	0.34
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	9.80	6.67	6.12
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	14.70	13.34	21.42
CCEU Total (mm)			49.46

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 35.- Serie de suelo Santiago II

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4
Arena (%)	36.00	41.20	28.00	49.90
Limo (%)	45.70	41.20	44.60	35.70
Arcilla (%)	18.30	17.60	27.40	14.40
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.60	1.60	1.60	1.60
Espesor horizonte (dm)	1.60	2.20	2.30	1.90
*CCEU (mm/dm)	18.00	17.00	11.00	14.50
Peso de suelo fino (g)	64.00	58.80	72.00	50.10
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.64	0.59	0.72	0.50
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	11.52	10.03	7.92	7.25
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	18.43	20.07	18.22	13.78
CCEU Total (mm)				70.50

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### 36.- Serie de suelo Valdivia de Paine

Horizontes	H.1	H.2	H.3	H.4	H.5
Arena (%)	30.40	33.10	23.80	17.70	19.50
Limo (%)	58.30	48.30	56.10	52.40	48.30
Arcilla (%)	11.30	18.60	20.10	19.90	32.20
Densidad g/cm <sup>3</sup>	1.70	1.70	1.50	1.50	1.50
Espesor horizonte (dm)	2.10	1.20	1.70	4.10	0.90
*CCEU (mm/dm)	19.50	18.00	14.50	14.50	11.00
Peso de suelo fino (g)	69.60	66.90	76.20	82.30	80.50
S. fino (g)/T. muestra (g)	0.70	0.67	0.76	0.82	0.81
CCEU*(S.fino (g)/T.muestra(g))	13.05	12.06	11.02	11.89	8.91
Espesor (dm)* (CCEU (mm/dm)*(S.fino (g)/T.muestra(g))	28.67	14.47	18.73	48.74	8.01
CCEU Total (mm)					118.6

\*CCEU = Capacidad de campo efectiva unitaria.

Fuente: Comisión Nacional de Riego. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

### VIII.1 Anexo n° 1: Datos de los pozos utilizados en la evaluación

#### Anexo n° 1.1 Pozos con niveles estáticos medidos el primer semestre del año 1998

Pozo	Norte	Este	Comuna	Nombre del predio	Propietario	Constructor	Cota	N. estático
1	6259040	325310	I. de Maipo	APR Las Mercedes	Comité APR Las Mercedes		339,5	1,50
2	6269240	325660	I. de Maipo	Pobl. El Monte, Las Mercedes	Soc. Agric. Las Mercedes	CORFO 1083	344	2,32
3	6260500	325760	I. de Maipo	APR Las Mercedes	Comité APR Las Mercedes		342,5	1,40
4	6260810	326450	I. de Maipo	Soc. Agr. Las Mercedes		CORFO 1108	348,5	2,40
5	6261045	328040	I. de Maipo	Soc. Agr. Las Mercedes		CORFO 86	363	4,05
6	6262410	327850	I. de Maipo	Chacra La Alqueria	Víctor Pinto López	CORFO 231	364,6	8,60
7	6263170	326970	I. de Maipo	APR Olea	Comité APR Olea		357	1,72
8	6264190	321750	I. de Maipo	Viña Lourdes S.A			315,5	0,90
9	6264320	331070	I. de Maipo	APR La Puntilla de Lonquén	Comité APR La Puntilla		401	27,72
10	6265830	328110	I. de Maipo	Fundo La Caperana	J. Canepa y Cia.	CELZAC 1403	362	10,71
11	6269130	321000	Talagante	Planta Talagante	C.M.P.C		305	6,90
12	6269280	320950	Talagante	Planta Talagante	C.M.P.C		307	4,40
13	6270650	307240	El Monte	APR Chifigüe, Los Quilos	Min. De Educación	OSIM	227,5	3,00
14	6270750	311230	El Monte	El Palquito, parcela 20	Héctor Garate Reyes		255	2,25
15	6271750	310210	El Monte	Fundo Las Haras	Soc. Agric. Doña María	CORFO 728	255	2,21
16	6271930	328600	Talagante	Parcela Los Castaños Sur	María Soledad Llorente		383	16,90
17	6272635	329315	Talagante	Condominio Puerto del Sol	John Were		394	11,36
18	6272700	323460	Talagante	Fundo Santa Elvira	Domingo Romero Cortes		350,5	3,94
19	6272900	324935	Talagante	Agrícola San José	Faustino García		364	6,00
20	6273300	328824	Talagante	Chacra Santa Alicia	Corp. Priv. Del Desarrollo		396	23,30
21	6273940	310360	El Monte	El Paico Alto	APR Com. El Paico	BITUR	273,5	5,59
22	6274250	314300	El Monte	APR El Rosario, Los Olmos	Com. El Rosario	MOP. EMOS	280	0,38
23	6274540	326590	Talagante	Viña Madrigal	Francisco Valle E.		388,5	18,33
24	6274570	323850	Talagante	Fundo Puerrechea	Inmo. Casa celeste	CORFO 187	364,6	9,83
25	6274840	315010	El Monte	Parc. N° 2 Santa Adriana	Abel Ovalle	Raúl Sandoval	280	1,28
26	6275020	327863	Talagante	Parcela Santa Alicia	Jaime Núñez	CORFO 294	403	27,42
27	6276740	325920	Talagante	Chacra Santa Adriana	Humberto Rifo	CAS 1085	392,5	11,32
28	6277770	327890	Talagante	Haras Santa Eladia	Benedicto Aguado	CAPTAGUA	412	23,38
29	6277830	324760	Talagante	Parcela 20 Colonia Alemana	Juan Navarro	CELZAC 860	381,9	8,83
30	6278460	325420	Peñaflor	Parc. 19, Camino Las Palmeras	Alda Astudillo		387	4,20
31	6280265	322490	Peñaflor	Hijuela 1 Mónica Noguera	APR Pelvin		359	5,72
32	6280430	323570	Peñaflor	Fábrica Bata	Cotecu S.A	CAS	365,5	3,07

*Anexo n° 1.1 Pozos con niveles estáticos medidos el primer semestre del año 1998 (continuación)*

Pozo	Norte	Este	Comuna	Nombre del predio	Propietario	Constructor	Cota	N. estático
33	6280446	330224	Peñaflor	Parcela Santa Raquel	Alfonso Dubal Cerda		428,2	18,60
34	6280572	329040	Peñaflor	Ins. Educacional Rural	Ins. Educacional Rural	D.R	417	11,47
35	6280750	323720	Peñaflor	Fábrica Bata	Catecu S.A	CAS	366	1,94
36	6280980	324390	Peñaflor	Piscina Municipal	Muni. De Peñaflor	CELZAC 597	371,5	3,31
37	6284790	331530	Peñaflor	Cristalerías Chile	Crist. Chile S.A	A. Besa	435,1	14,34
38	6285820	330482	Peñaflor	Fundo Santa Lucia	Eugenio Valdés	CAS	425,6	9,27
39	6286108	330235	Peñaflor	Fundo Primavera	Alejandro Pérez	CAS 840	423,3	6,94
40	6286452	332704	Peñaflor	Fundo San Alberto	Manuel Tagle V.	CORFO 213	447,7	21,32

Fuente: MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho

*Anexo n° 1.2 Pozos con niveles estáticos medidos en el año de construcción*

Pozo	Norte	Este	Comuna	Nombre del Predio	Propietario	Constructor	N. estático
1	6264559	317480	I. de Maipo	Fundo Los Quillayes	Soc. Agrícola Naltagua	EMBOBINAGUA LTDA	10,10
2	6265700	317480	I. de Maipo		Soc. Agrícola Naltagua	CAPTAGUA S.A	1,65
3	6265920	312329	I. de Maipo	Fundo Santa Isabel de Naltagua	Aníbal Correa Ovalle	CELZAC	3,76
4	6266208	311103	I. de Maipo		Agric. Santa Teresa de Naltagua	UNIMATIC S.A	3,45
5	6266267	313329	I. de Maipo	San Antonio de Naltagua parc. s/n	Soc. Agrícola Polpaico Ltda.	CELZAC	3,08
6	6266400	310700	I. de Maipo	Fundo Santa Teresa de Naltagua	José Barros Claro	CELZAC	3,50
7	6277000	322250	Peñaflor		Daniel y Ladislao Barros Ovalle		3,00
8	6279650	331400	Peñaflor	Fundo El Porvenir	Alfredo Délano Frederich		31,20
9	6282220	332340	Peñaflor		Alberto Hadadd V		28,04
10	6283520	321579	P. Hurtado		Famae	CRUZAT	6,50
11	6284059	324686	P. Hurtado		Manuel Terraza Salinas	HIDROMATIC	5,00
12	6286200	331300	P. Hurtado		Fosfoquim S.A	CAPTAGUA S.A	17,35

Fuente: MOP.DGA. Expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

*Anexo n° 1.3 Pozos con perfiles estratigráficos*

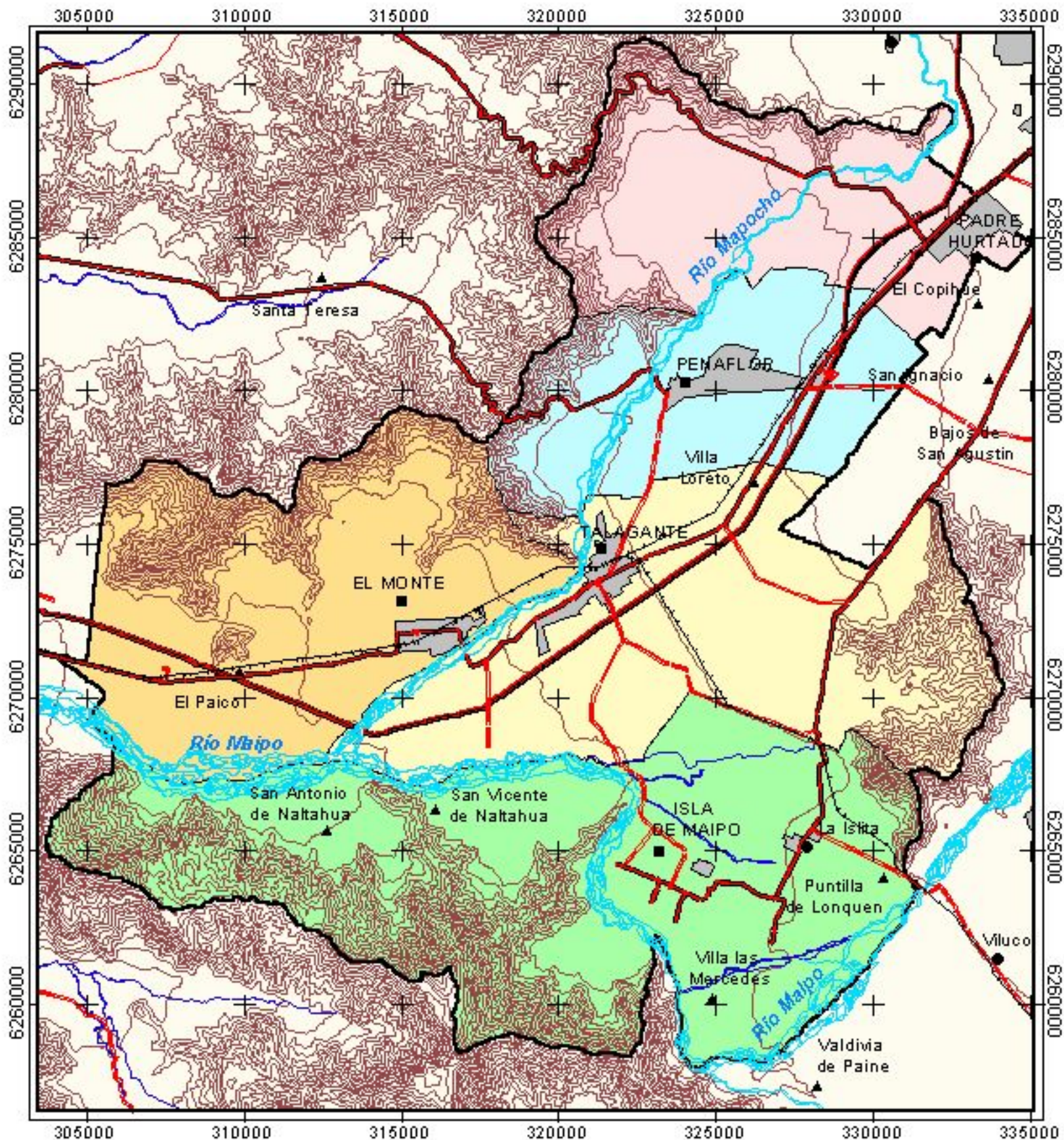
Pozo	Norte	Este	Comuna	Nombre del predio	Propietario	Constructor
1	6261110	326950	I. de Maipo	Fundo La Gloria	David González	CORFO 256
2	6263800	325000	I. de Maipo	Fundo Las Pircas	Salvador Domenech	CORFO
3	6263975	328371	I. de Maipo	Fundo El Gomero	Soc. Agrícola El Gomero	CORFO
4	6264559	317480	I. de Maipo	Fundo Los Quillayes de Naltagua	Soc. Agrícola Naltagua	EMBOBINAGUA LTDA
5	6265700	317480	I. de Maipo		Soc. Agrícola Naltagua	CAPTAGUA S.A

Fuente: MOP.DGA. Expedientes de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas.

Anexo n° 1.3 Pozos con perfiles estratigráficos (continuación)

Pozo	Norte	Este	Comuna	Nombre del predio	Propietario	Constructor
6	6265830	328110	I. de Maipo		Soc. José Canepa y Cia.	CORFO
7	6265920	312329	I. de Maipo	Fundo Santa Isabel de Naltagua	Aníbal Correa Ovalle	CELZAC
8	6266208	311103	I. de Maipo		Agrícola Santa Teresa de Naltagua	UNIMATIC S.A
9	6266267	313329	I. de Maipo	San Antonio de Naltagua parc. s/n	Soc. Agrícola Polpaico	CELZAC
10	6266400	310700	I. de Maipo	Fundo Santa Teresa de Naltagua	José Barros Claro	CELZAC
11	6266600	310200	I. de Maipo	Fundo Santa Teresa de Naltagua	José Barros Claro	CELZAC
12	6267736	315610	Talagante	Santa Mariana Parc. N° 8	Soc. Agrícola Los Tilos	
13	6268551	321590	Talagante		Inmobiliaria San Bernardino	Mount Scopus s.a
14	6269020	307800	El Monte	Fdo. Las casas de Santa Elena El Paico	Las Casas de Santa Elena	CORFO
15	6269790	315580	Talagante	Santa Mariana	Emos S.A	SONDAJES LTDA.
16	6270370	328290	Talagante		SENDOS	HIDROSAN LTDA.
17	6271950	328550	Talagante	Parcela n° 2 El Trébol	Sociedad Agrícola Agroquen Ltda.	
18	6273000	329000	Talagante		Mariana Arnolds	CRUZAT
19	6273100	321900	Talagante	Fundo Thebulquito	Tomas Marchant C.	CORFO
20	6273190	327340	Talagante	Viña n° 2 El Oliveto	Beverly Hamilton	SAACOL
21	6274050	328700	Talagante	Fundo Los Pinos de Oliveto Santa Ana	Jaime García Huidobro	CORFO
22	6274490	327550	Talagante		Juan Ángel Urcola	CPA
23	6275400	330100	Talagante		Hugo Ortuzar Riesco	
24	6275900	320990	Talagante		FISCO	
25	6277000	322250	Peñaflor		Daniel y Ladislao Barros Ovalle	
26	6278700	327900	Peñaflor	Fundo San Javier-Malloco	Arturo y Rebeca Echazarreta Larraín	CORFO
27	6279173	328523	Peñaflor		Teresita Montes Undurraga	PROAGUA LTDA.
28	6279650	331400	Peñaflor		Alfredo Delano Frederich	HIDROSAN LTDA.
29	6282220	332340	P. Hurtado		Alberto Hadadd V.	
30	6282751	329600	Peñaflor	Parcela n° 1 Proyecto Santa Amelia	Leonildo Varcelino Troncoso	
31	6283520	321579	P. Hurtado		FAMAE	CRUZAT
32	6283520	331900	P. Hurtado	Fundo El Descanso	Claudio Felipe González	CELZAC
33	6283540	328720	P. Hurtado	Los Olmos	CODIPRA	CELZAC
34	6284059	324686	P. Hurtado		Manuel Terraza Salinas	HIDROMATIC
35	6284168	329175	P. Hurtado	La Lechería	Francisco Valdés y Compañía	
36	6284329	329347	P. Hurtado	Los Almendros Fundo Los Sauces	Francisco Valdés y Compañía	
37	6284760	331547	P. Hurtado		Cristalerías de Chile	SAAVEDRA Y COBO
38	6285370	333160	P. Hurtado			
39	6286200	331300	P. Hurtado		Fosfoquim	CAPTAGUA
40	6287300	330510	P. Hurtado	El Trébal	Municipalidad de Peñaflor	ARAUCO ING.

**MAPA N° 1**  
**ÁREA DE ESTUDIO,**  
**PROVINCIA DE TALAGANTE**  
**Escala 1:210000**



**SIMBOLOGÍA**

**COMUNAS**

- Padre Hurtado
- Peñaflores
- Talagante
- El Monte
- Isla de Maipo

**CAMINOS**

- Autopista
- Pavimentado 2 o más vías
- Sin Pavimentar 2 o más vías
- Pavimentado 1 vía
- Línea férrea

**LÍMITES**

- Provincial
- Comunal

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea

**LÍMITES**

- Curvas de nivel

**ASENTAMIENTOS**

- Planta urbana

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana



**MAPA N° 2**  
**PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN**  
**POTENCIAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

<b>ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA</b>	<b>HIDROGRAFÍA</b>
● 1 Estación Fundo Marruecos	~ Río
● 2 Estación El Vergel	~ Estero
	~ Quebrada Permanente
	~ Quebrada Intermittente
<b>EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL</b>	<b>ASENTAMIENTOS</b>
▨ 700 a 800 mm/año	■ Ciudad
~ n° Precipitación (mm)	● Pueblo
~ Curvas de nivel	▲ Aldea
	▭ Planta urbana

**NORTE GEOGRÁFICO**

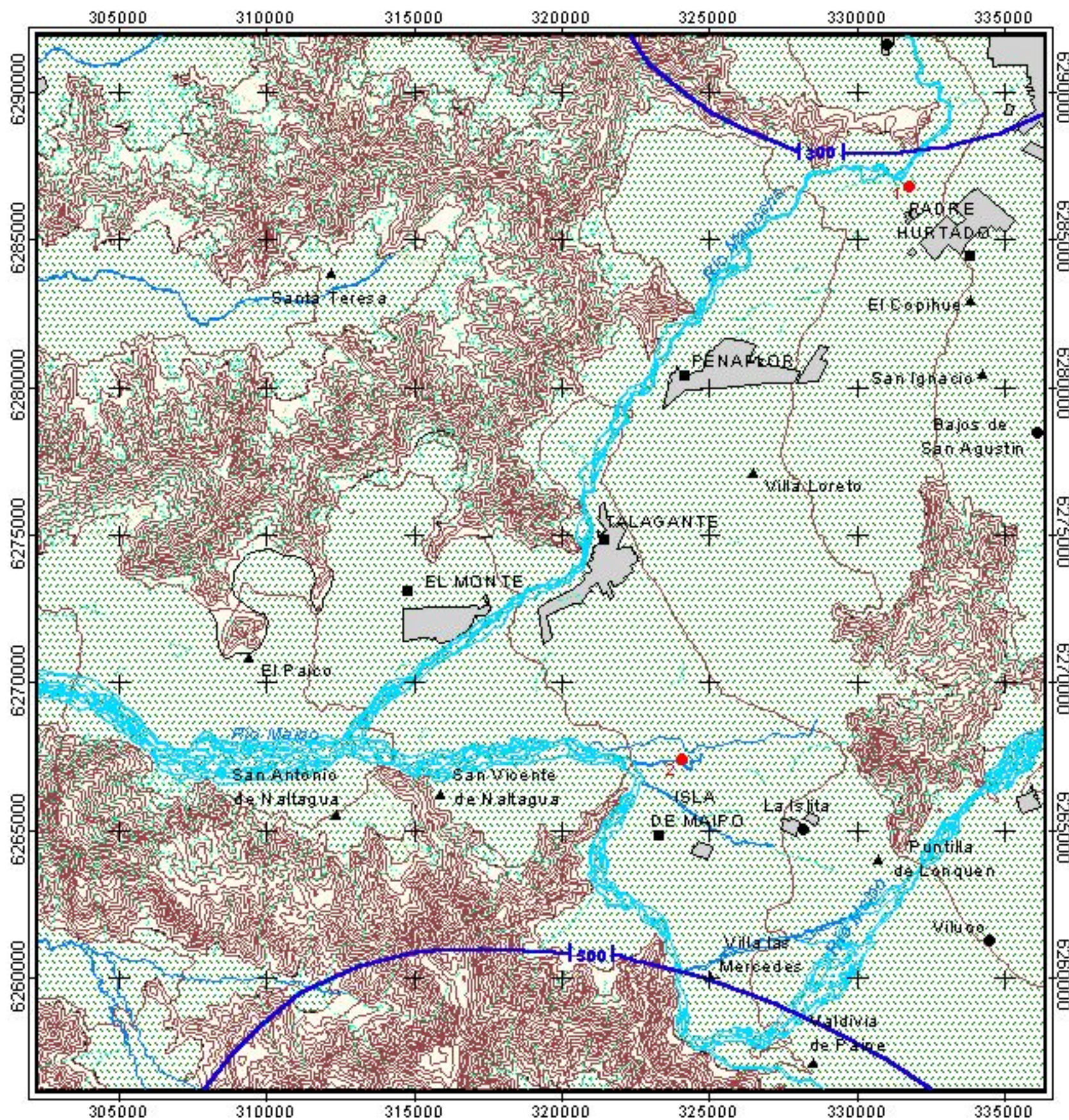


**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

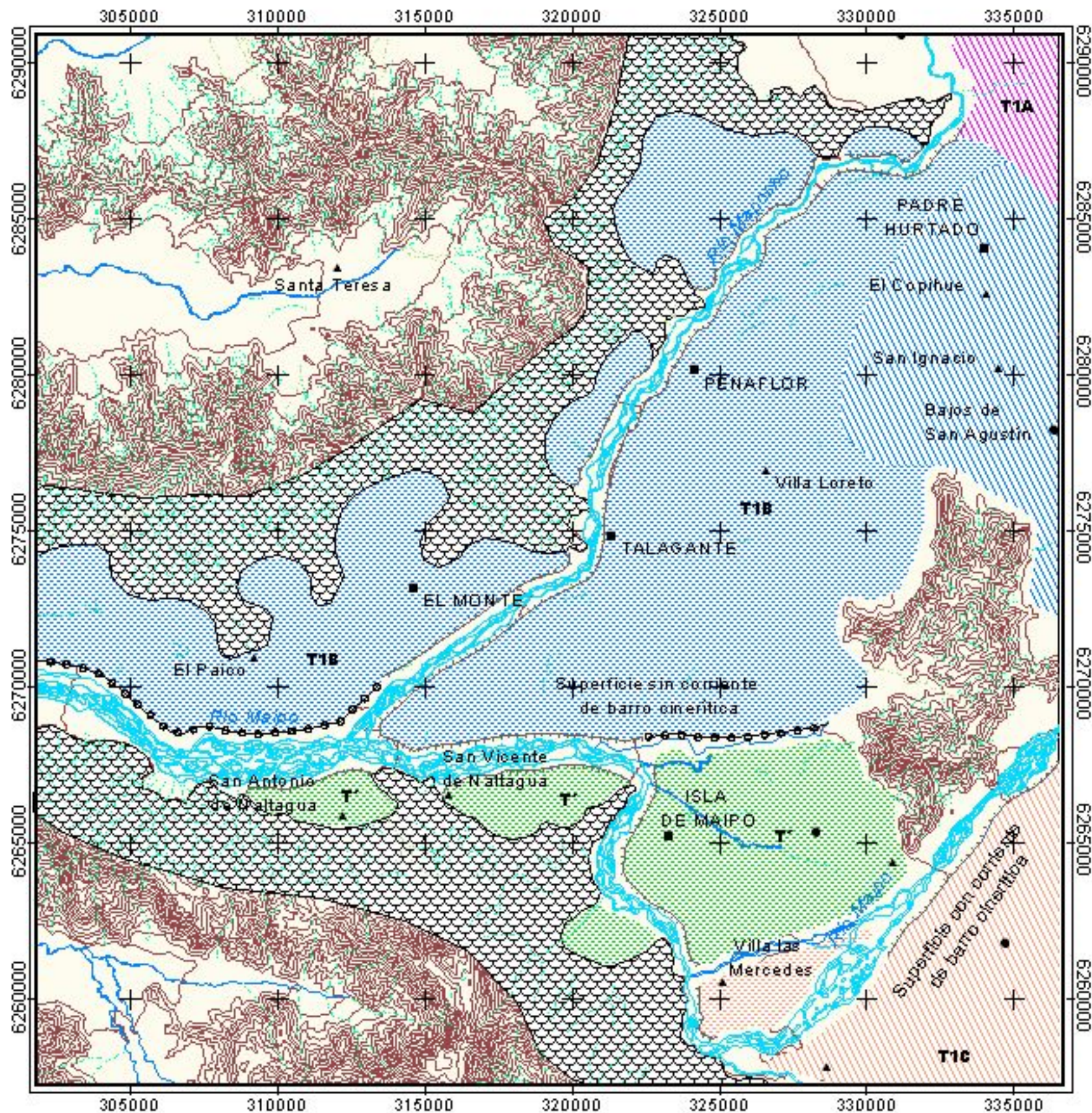


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

- MOP. 1987. Balance hídrico de Chile.
- MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.
- GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA. de la Región Metropolitana.



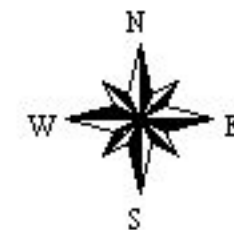
**MAPA N° 3  
GEOMORFOLOGÍA  
DEL ÁREA DE ESTUDIO  
Escala 1:21 000**



**SIMBOLOGÍA**

TIPO DE TRAZADO		COLOR DEL TRAZADO	
	Cono de deyección regular		T1A Fase de Puente Alto
	Superficie de terraplenamiento fluvial (plataforma)		T1B Fase de Nos
	Flanco de valle pasivo		T' Fase de Isla de Maipo
	Borde de terraza		T1C Fase de Buín
	Escarpa	<b>ASENTAMIENTOS</b>	
<b>HIDROGRAFÍA</b>			Ciudad
	Río		Pueblo
	Estero		Aldea
	Quebrada Permanente		Curvas de nivel
	Quebrada Intermitente		

**NORTE GEOGRÁFICO**



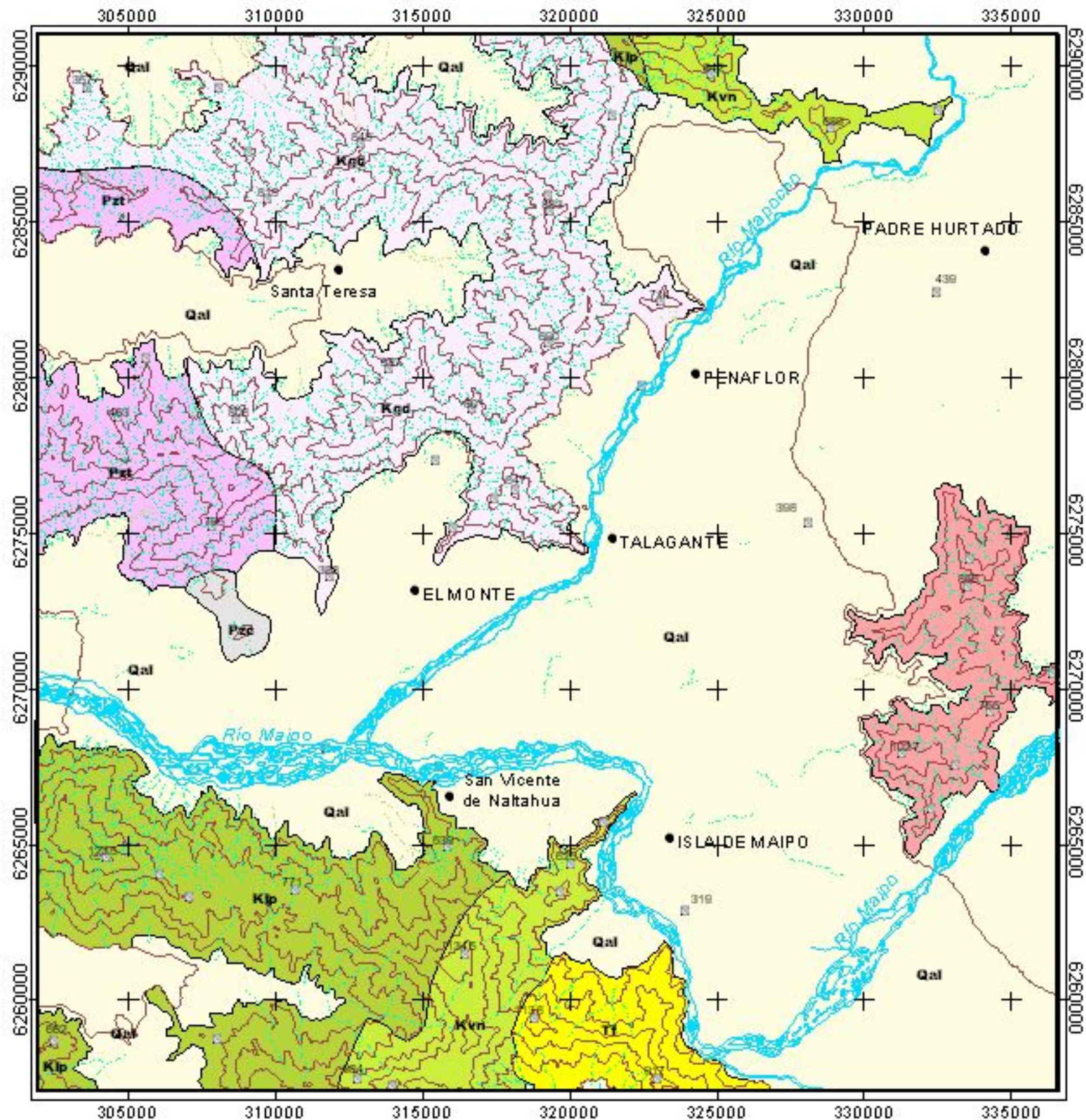
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

ARAYA-VERGARA, J.F. 1994. Fases de la formación del piedmont aluvial del llano del Maipo (depresión de Santiago de Chile)

ARAYA-VERGARA, J.F. 1985 Análisis de la carta geomorfológica de la cuenca del Mapocho. Informaciones geográficas n° 32. Universidad de Chile

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

**MAPA N° 4**  
**GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

**CUATERNARIO**

**Qal**  
 Depósitos aluviales

**TERCIARIO INFERIOR**

**Tf**  
 FORMACIÓN FARELLONES: Rocas volcánicas andesíticas, cerca de la base intercalaciones de ignimbritas riolíticas.

**Kvn** FORMACIÓN VETA NEGRA: Rocas volcánicas andesíticas (ocoitas), con intercalaciones de areniscas pardo-rojizas, continentales

CRETÁCICO INFERIOR

**Klp** FORMACIÓN LO PRADO: Rocas volcánicas silíceas, ignimbritas, lavas y lavas brechosas con intercalaciones de areniscas y calizas marinas, fosilíferas (Neocomiano)

**Kgd** FORMACIÓN CERRO CALERA: Limolitas, areniscas calcáreas conglomerados volcánoclasticos, conglomerados cuarzo felsepáticos e intercalaciones de tobas.

JURÁSICO MEDIO

**Pzc** FORMACIÓN EL CAJÓN: Rocas metasedimentarias, en parte fosilíferas, con intercalaciones de rocas metavolcánicas (Carbonífero-Pérmico)

PALEOZOICO SUPERIOR

**Kgd** BATOLITO CENTRAL: Principalmente granodiorita, tonalita y adamelita.

CRETÁCICO Y EN PARTE TERCIARIO

**Pzt** BATOLITO DE LA COSTA: Principalmente tonalita, adamelita y granodiorita.

PALEOZOICO

**HIDROGRAFÍA**

Río

Quebrada Permanente

Quebrada Intermitente

Cotas

Asestamientos

Curvas de nivel

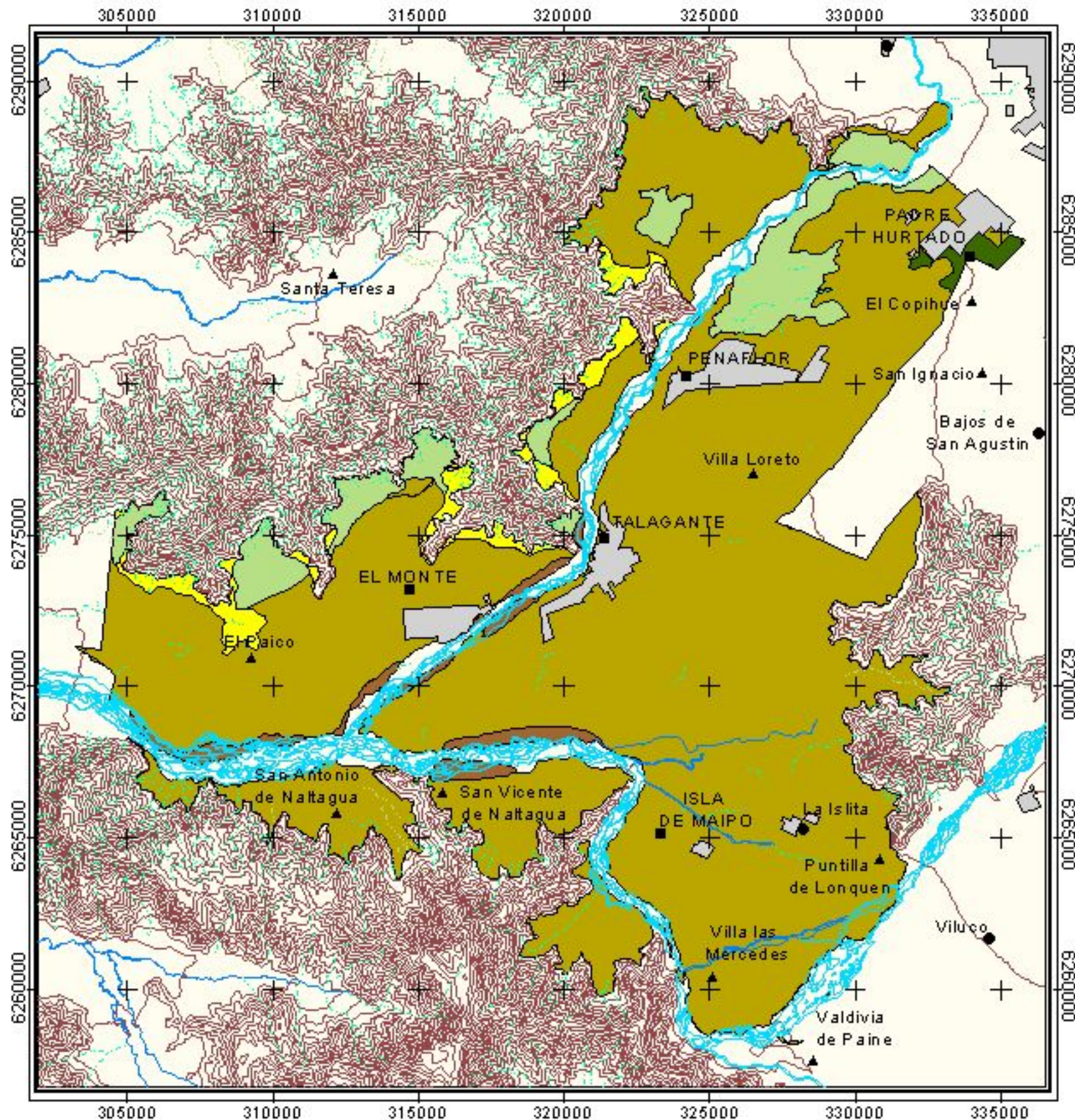
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

CORVALAN, J; MUNIZAGA, F. 1972. Edades radiométricas de rocas intrusivas de la hoja Valparaíso-San Antonio. Boletín n° 28, Instituto de investigaciones geológicas.

MO P.2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipo-Mapocho. Estudio realizado por Ayala, Cabrera y asociados ltada

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

**MAPA N° 5**  
**ORDENES DE LOS SUELOS**  
**EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**



**SIMBOLOGÍA**

- |                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>ORDENES DE LOS SUELOS</b> | <b>ASENTAMIENTOS</b> |
| Alfisol                      | ■ CIUDAD             |
| Inceptisol                   | ● PUEBLO             |
| Mollisol                     | ▲ ALDEA              |
| Vertisol                     |                      |
| Terreno Inundable            |                      |
| <b>HIDROGRAFÍA</b>           | ▭ Planta urbana      |
| Río                          | ∩ Curvas de nivel    |
| Estero                       |                      |
| Quebrada Permanente          |                      |
| Quebrada Intermittente       |                      |

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del proyecto Maipo.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

MAPA N° 6  
**TEXTURA DE LOS SUELOS  
 EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

**TEXTURA DE LOS SUELOS**

Agrupamiento textural

Texturas

Fina

A Muy fina

Arcillosa

B Fina

Arcillo limosa  
 Arcillo arenosa

C Moderadamente fina

Franco arcillo limosa  
 Franco arcillosa  
 Franco arcillo arenosa

Media

D Media

Limosa  
 Franco limosa  
 Franca  
 Franco arenosa muy fina

Gruesa

E Moderadamente gruesa

Franco arenosa fina  
 Franco arenosa

F Gruesa

Areno francosa muy fina  
 Areno francosa fina  
 Areno francosa  
 Areno francosa gruesa  
 Arenosa muy fina  
 Arenosa fina

**HIDROGRAFÍA**

Río

Planta urbana

Estero

Curvas de nivel

Quebrada Permanente

Quebrada Intermitente

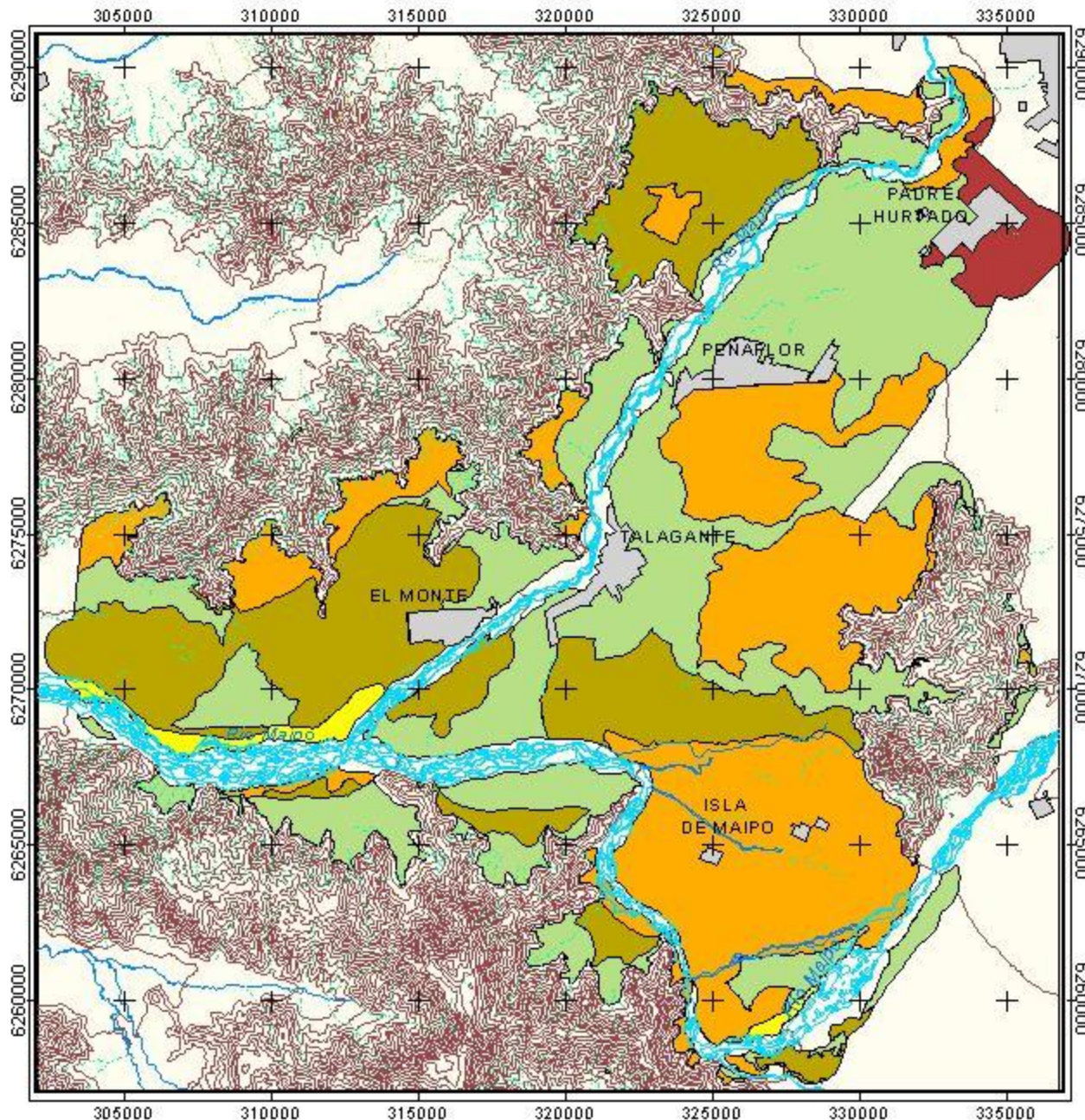
**NORTE GEOGRÁFICO**



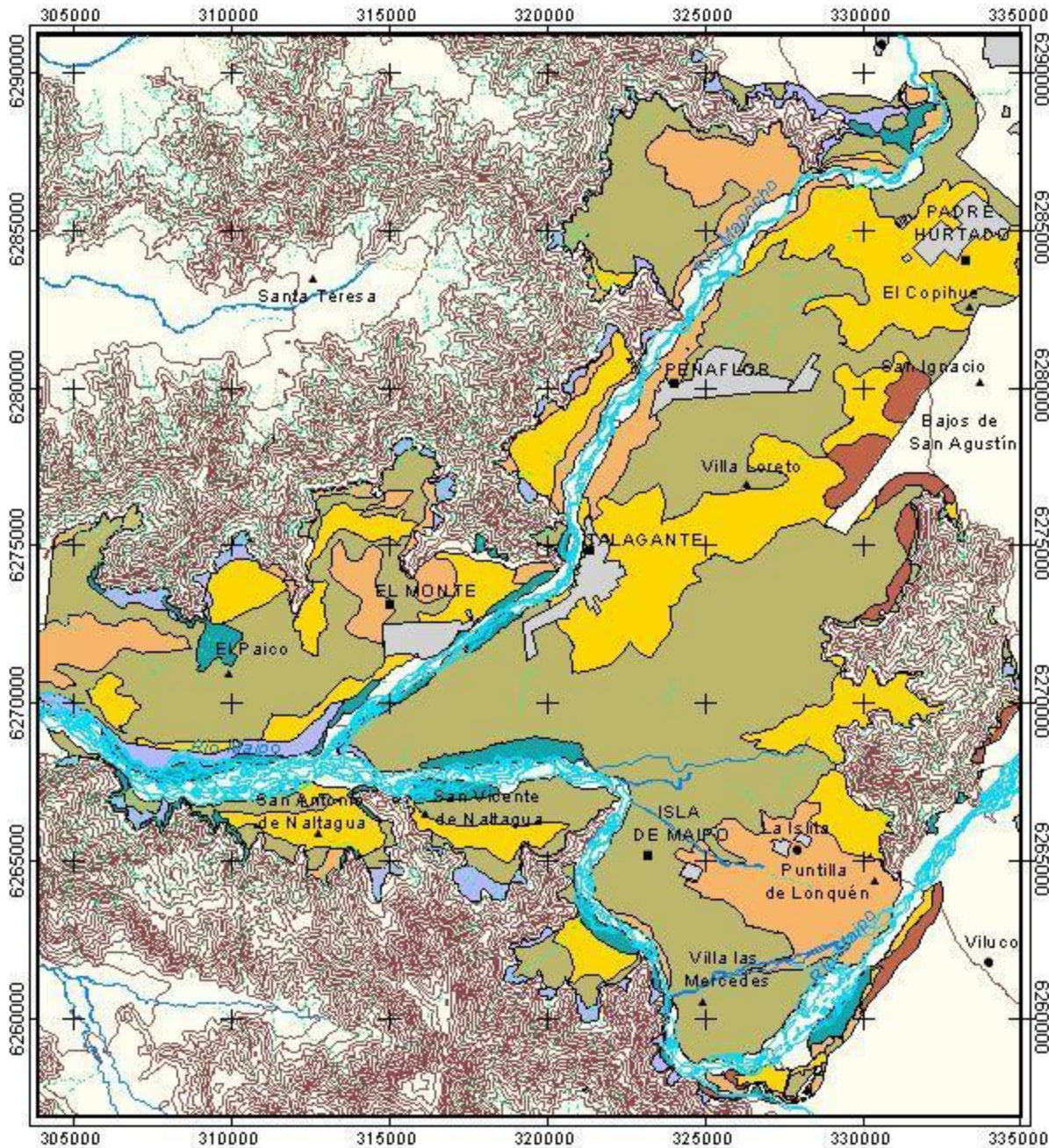
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del proyecto Maipo.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.



**MAPA N° 7**  
**CLASES DE SUELO**  
**EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**



**SIMBOLOGÍA**

CLASES DE SUELO	HIDROGRAFÍA
I	Río
II	Estero
III	Quebrada Permanente
IV	Quebrada Intermittente
VI	
VII	
Planta urbana	
Curvas de nivel	

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- ▲ Aldea

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del proyecto Maipo.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

**MAPA N° 8**  
**HIDROGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
 Escala 1:21 000

**SIMBOLOGÍA**

<b>SECTORES DE RIEGO</b>	<b>HIDROGRAFÍA</b>
 Sector regado por el río Maipo	 Río
 Sector regado por el río Mapocho	 Estero
 Sector regado por el Zanjón de la Aguada	 Quebrada Permanente
	 Quebrada Intermitente
	 Canal de riego
<b>ESTACIONES DE AFORO</b>	<b>ASENTAMIENTOS</b>
 1 Río Mapocho en Rinconada de Maipo	 Ciudad
 2 Río Maipo en Naltahua	 Zona Urbana
	 Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



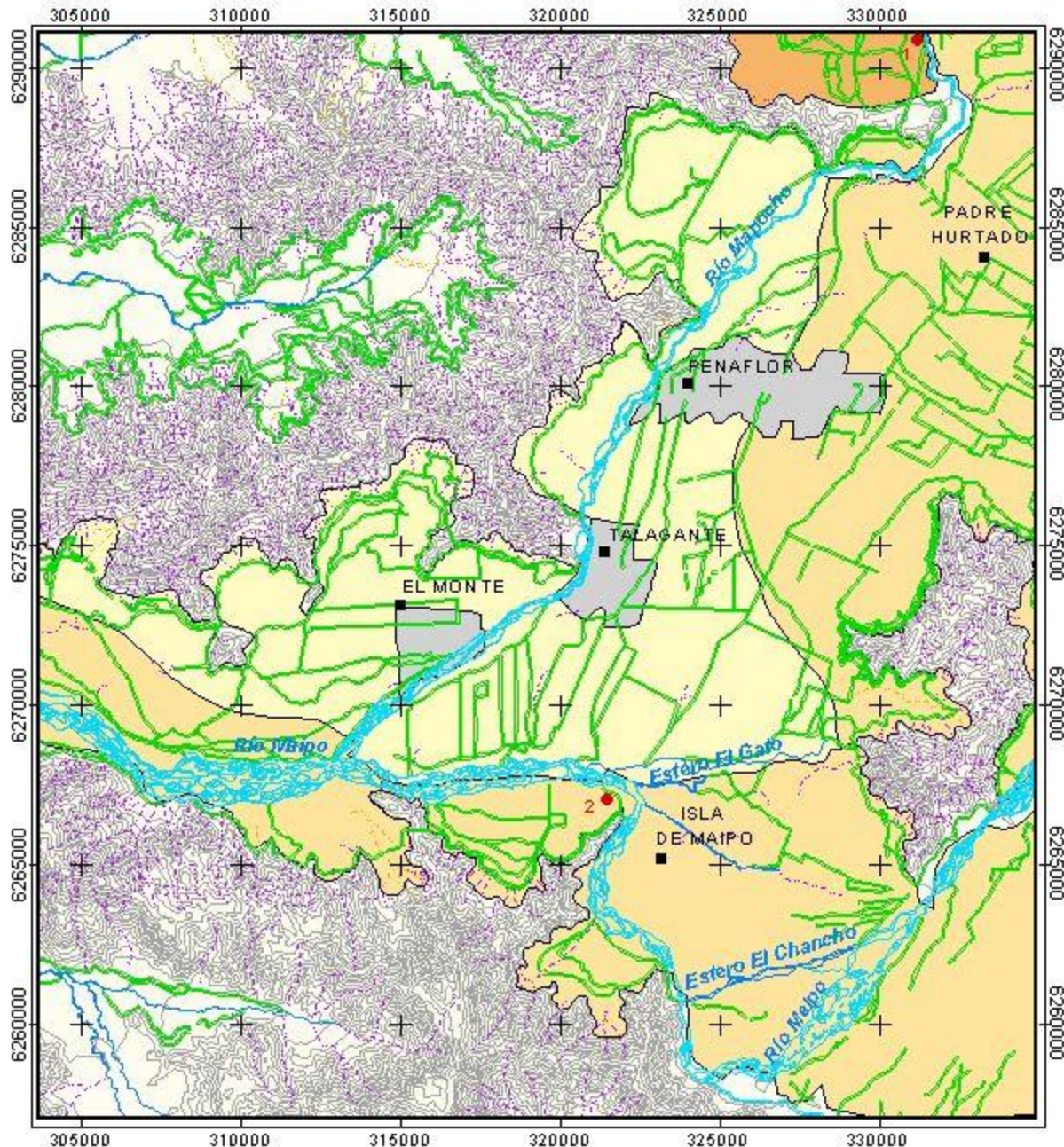
**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

MO P. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.



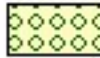






**MAPA N° 9**  
**USO DE SUELO EN EL**  
**ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

**USO DE SUELO**




**Vegetación**

-  Terrenos agrícolas
-  Matorral con suculentas
-  Matorral arborescente
-  Praderas
-  Humedales y vegas
-  Plantaciones
-  Bosque-renovál




**Otros usos**

-  Urbano
-  Industrial
-  Agroindustrial
-  Extracción de aridos
-  Infraestructura vial
-  Planta de tratamiento
-  Recreacional

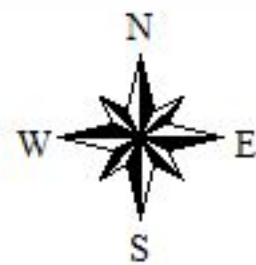
**HIDROGRAFÍA**

-  Río
-  Estero
-  Curvas de Nivel

**ASENTAMIENTOS**

-  Ciudad
-  Pueblo
-  Aldea

**NORTE GEOGRÁFICO**

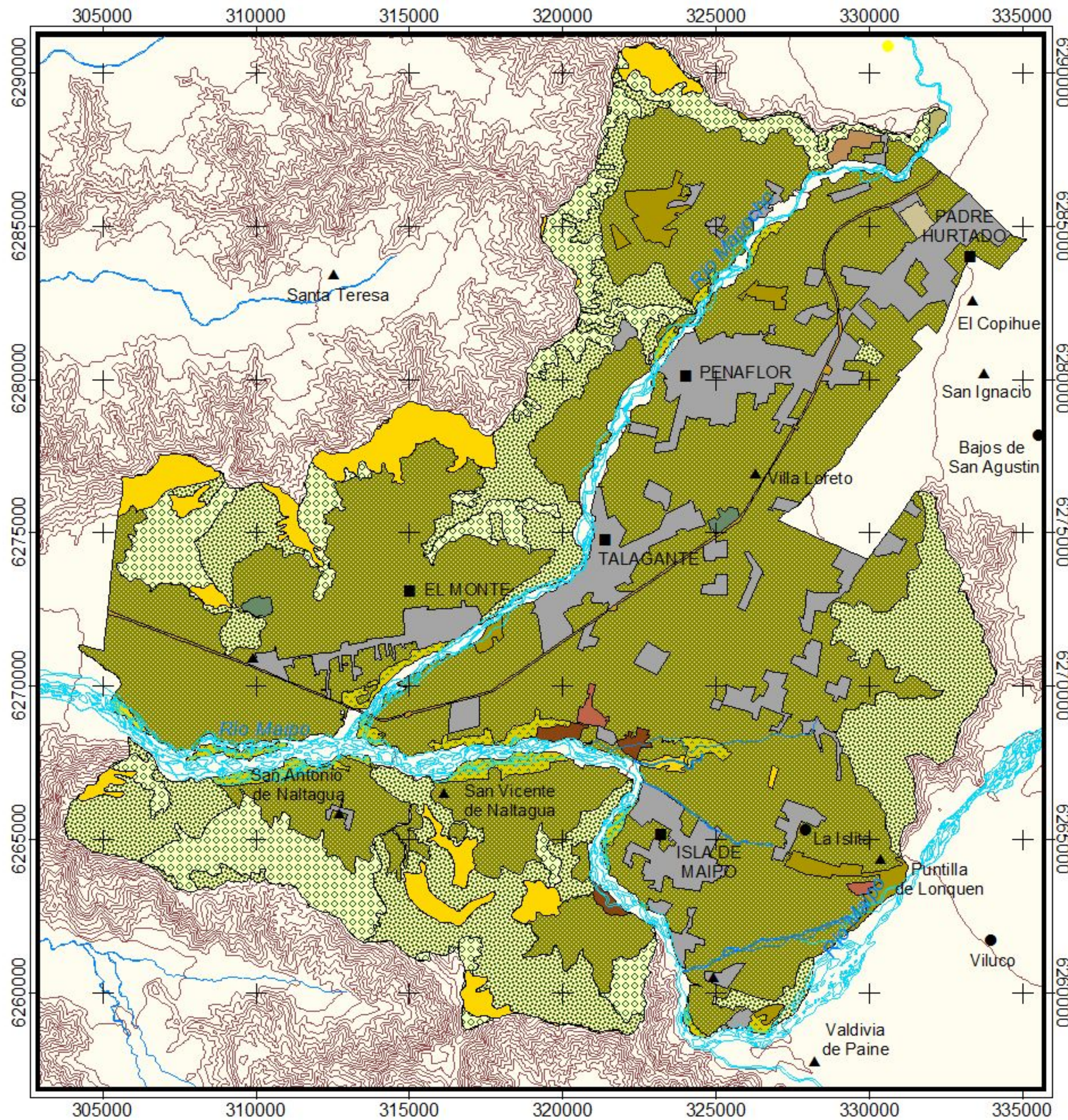


**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana





**MAPA Nº 10**  
**TRAZADO DE PERFILES**  
**ESTRATIGRÁFICOS EN EL ÁREA**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

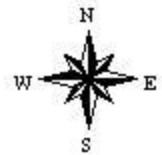
**TRAZADO DE PERFILES**  
**ESTRATIGRÁFICOS**

-  Perfil A - AA
-  Perfil B - BB
-  Perfil C - CC
-  Perfil D - DD
-  Perfil E - EE
-  Sondajes

**HIDROGRAFÍA**

-  Río
-  Estero
-  Quebrada Permanente
-  Quebrada Intermittente
-  Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



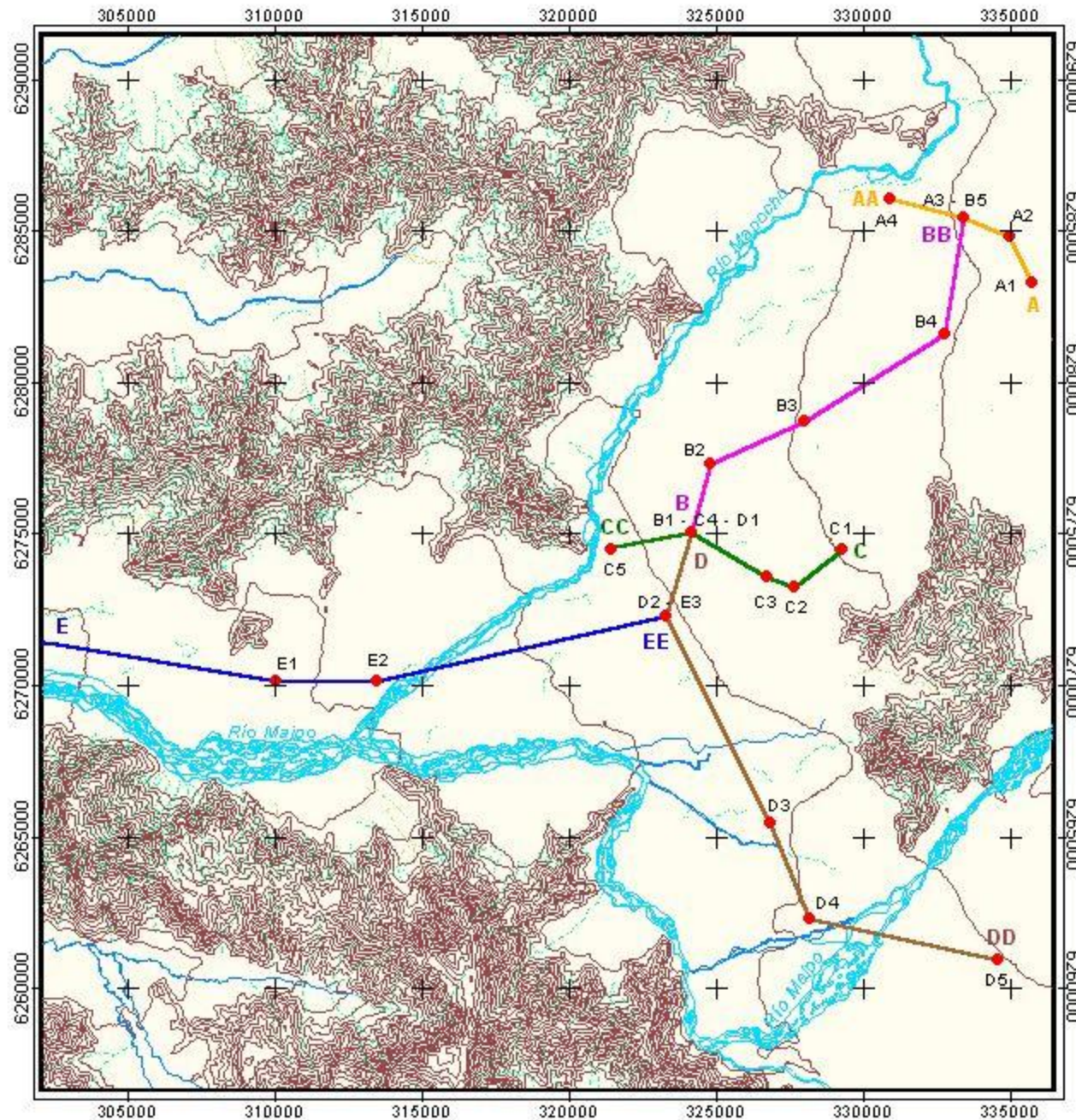
**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

MO P. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.



**MAPA N° 11**  
**PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**  
**EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

**POZOS CON DATOS HISTÓRICOS DE NIVELES ESTÁTICOS**

- 1 Pozo en Fundo San Alberto Marruecos
- 2 Pozo en Chacra Andaluca
- 3 Pozo en A.P. El Monte
- 4 Pozo en Parcela 7 Chifihue
- 5 Pozo en Viña Santa Ines
- 6 Pozo en A.P. Isla de Maipo

- |  |   |
|--|---|
|  n° Profundidad del agua (mt) | <b>HIDROGRAFÍA</b>  |
|  Río                          |  Estero                |
|  Curvas de nivel              |  Quebrada Permanente   |
|  |  Quebrada Intermitente |

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

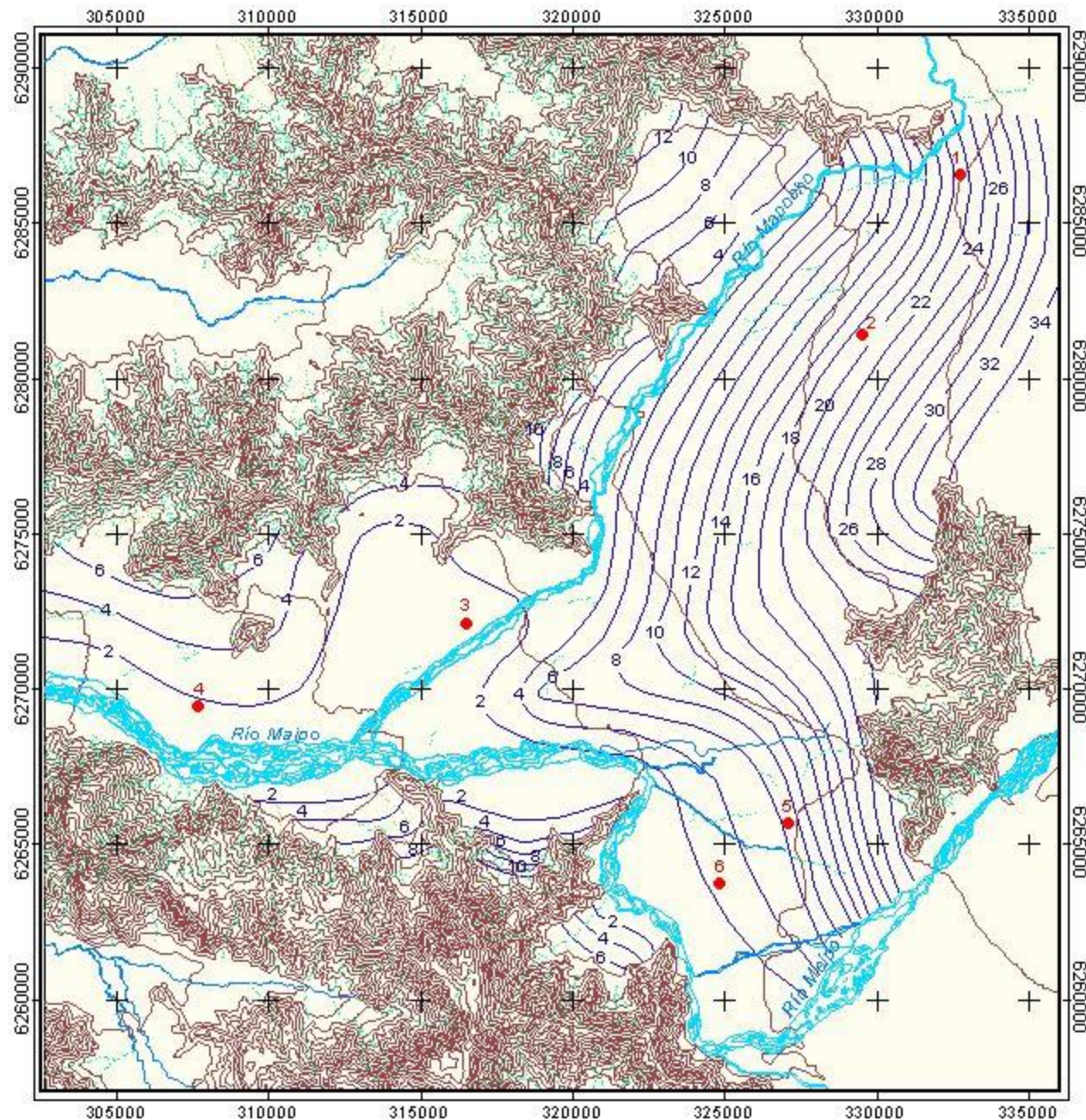


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.



MOP. DGA. Ubicación de pozos con datos históricos de niveles estáticos

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.








**MAPA N°12  
EQUIPOTENCIALES  
EN EL ÁREA DE ESTUDIO  
(1er Trimestre 1998)  
Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

-  n° Equipotenciales (msnm)
-  Dirección del flujo de agua subterránea

**HIDROGRAFÍA**

-  Río
-  Estero
-  Quebrada Permanente
-  Quebrada Intermitente
-  Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



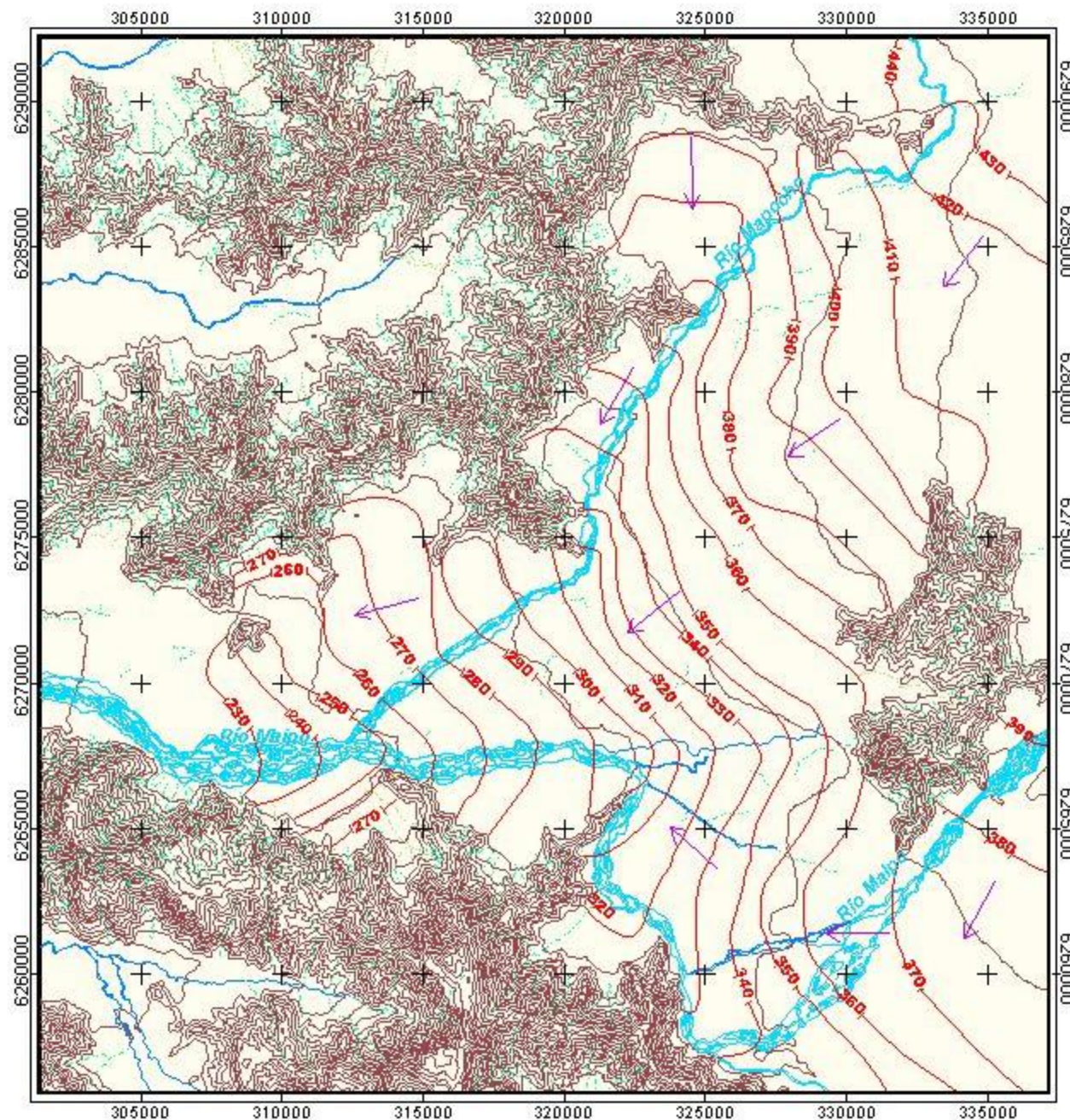
**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO  
EN LA REGIÓN METROPOLITANA**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo - Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA.  
PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.



**MAPA N° 13**  
**CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA DE**  
**LOS SUELOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

CAPACIDAD DE CAMPO EFECTIVA (mm)	PUNTAJE S ASOCIADO
<= 49	10
50 - 89	50
90 - 139	125
140 - 199	250
200 - 249	500
>= 250	750

● n° Pozos utilizados en la evaluación estratigráfica

**ASENTAMIENTOS**

■ Ciudad  
 □ Planta urbana

~ Curvas de nivel

**HIDROGRAFÍA**

~ Río  
 ~ Estero  
 ~ Quebrada Permanente  
 ~ Quebrada Intermitente

**NORTE GEOGRÁFICO**



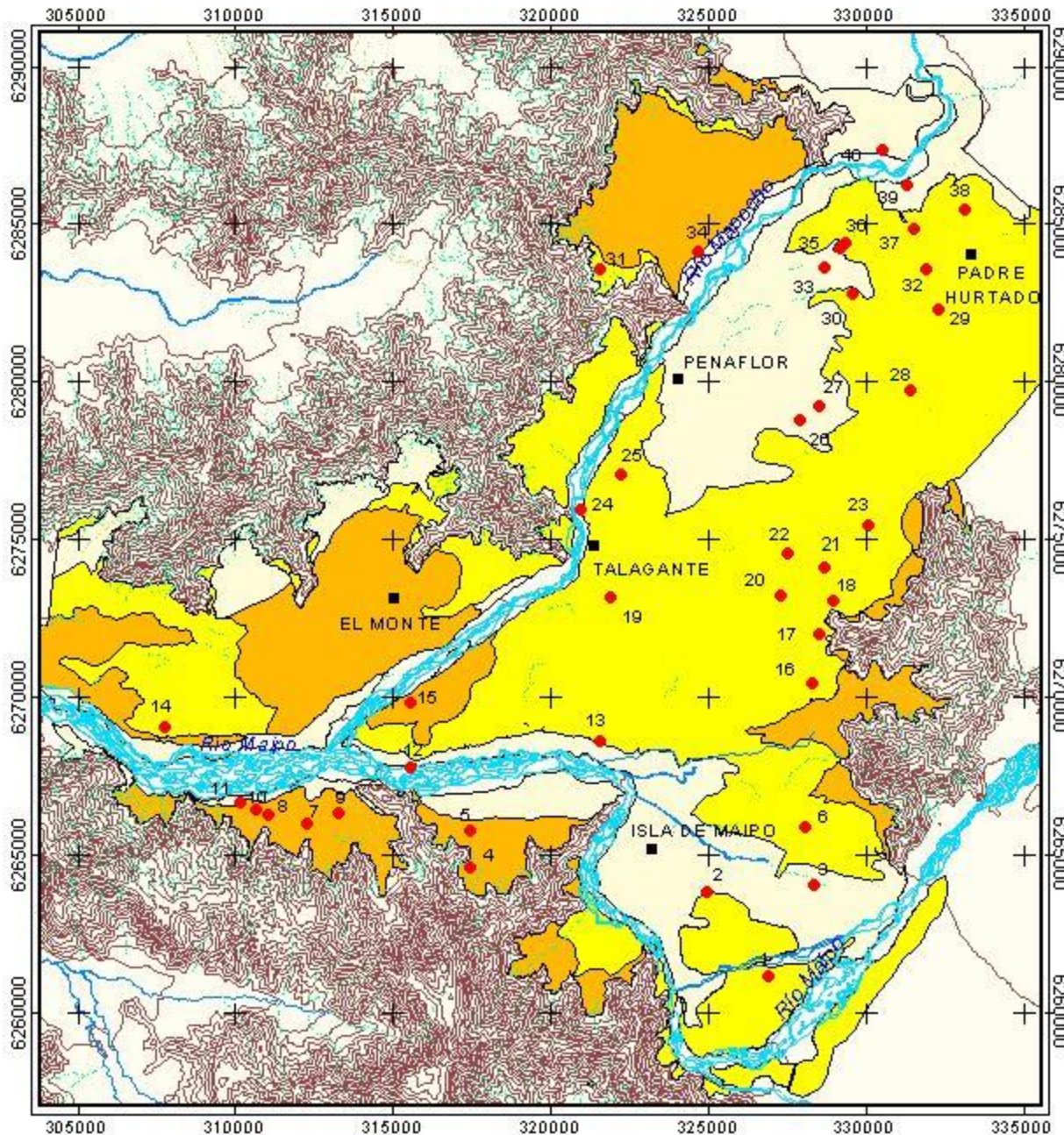
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo.

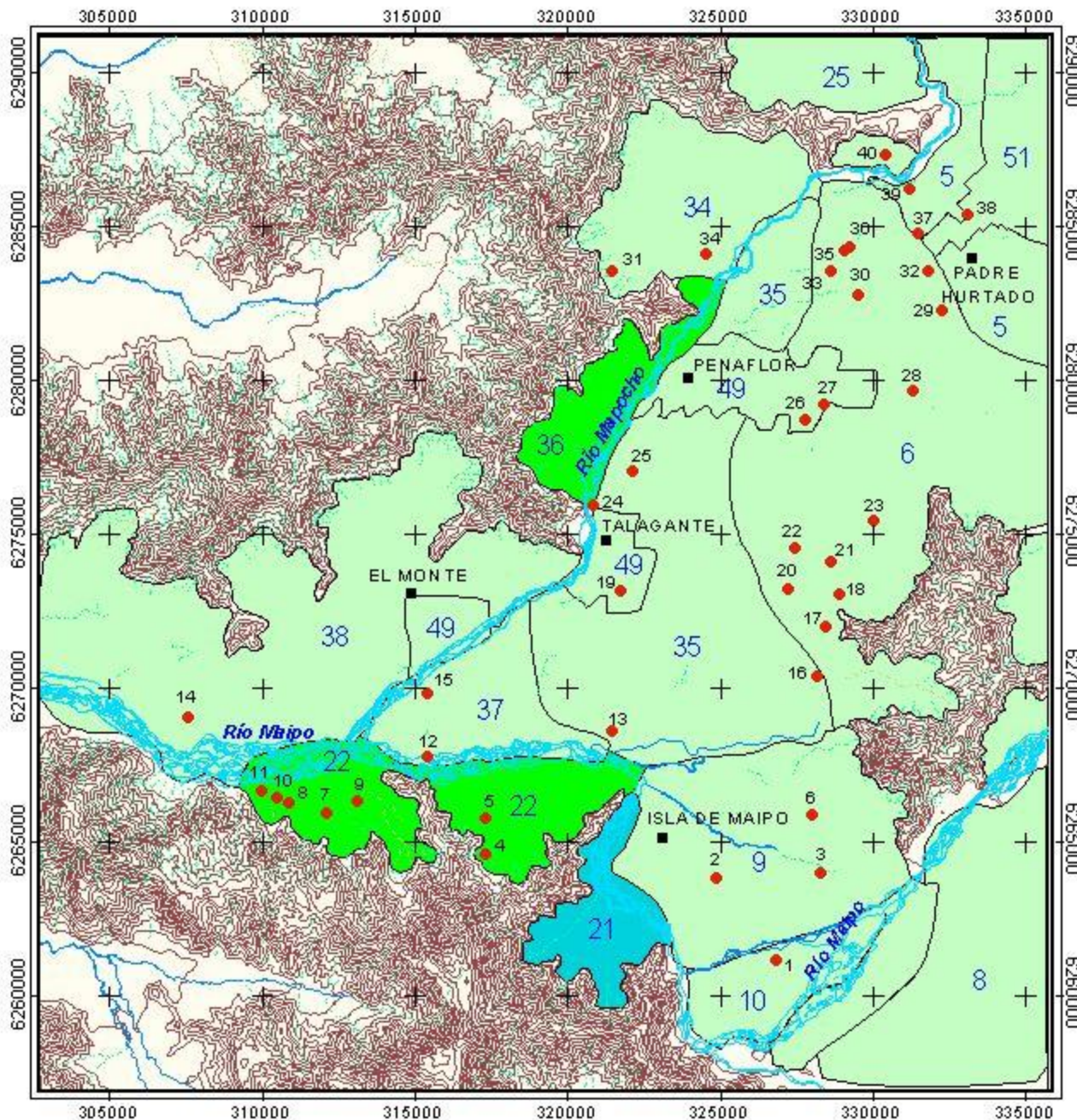
GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA, PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MOP. DGA. 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. D.S n° 46 del 2002

MOP. DGA. REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.



**MAPA N° 14**  
**SECTORES DE RECARGA DEL**  
**ACUÍFERO EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

RECARGA (mm/año)	FACTOR R ASOCIADO
≤ 99	1.50
100 - 199	1.25
200 - 299	1.00
300 - 399	0.75
≥ 400	0.50

N° Número del sector de recarga

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente

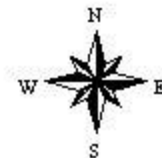
• n° Pozos utilizados en la evaluación estratigráfica

**ASENTAMIENTOS**

■ Ciudad

Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MO P. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional, cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MO P. DG A. 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. D.S n° 46 del 2002

MO P. DG A. REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.

**MAPA Nº 15**  
**NIVELES ESTÁTICOS DE LOS POZOS**  
**EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

● n° Pozos con datos de niveles  
estáticos correspondientes  
al 1er semestre del año 1998

● n° Pozos con datos de niveles  
estáticos correspondientes  
a la fecha de construcción  
del pozo

**HIDROGRAFÍA**

— Río  
 — Estero  
 — Quebrada  
permanente  
 — Quebrada  
intermitente

— Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

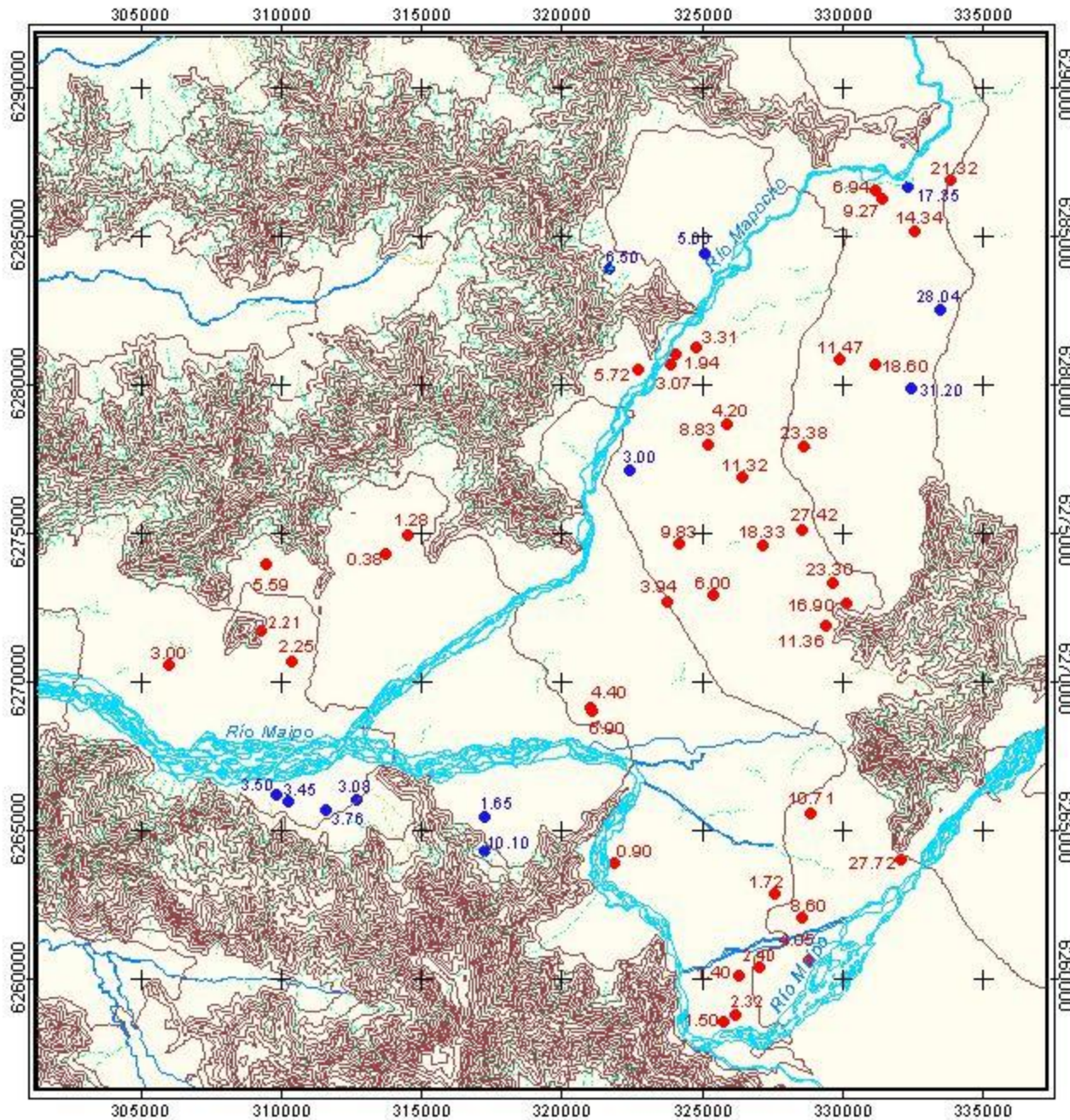


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PRO-  
 YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital,  
 facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MO P. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional  
 cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por  
 Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MO P, DG A REGIÓN METROPOLITANA Ubicación y caracte-  
 rísticas de los pozos. Información extraída desde los expedien-  
 tes de solicitudes de derechos de aguas subterráneas.



**MAPA N° 16**  
**PROFUNDIDAD DEL AGUA ASIGNADA A LOS**  
**POZOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE**  
**LA VULNERABILIDAD SE GÚN EL MÉTODO BGR**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

 n° Profundidad del agua (mt)	<b>HIDROGRAFÍA</b>
 n° Profundidad del agua (mt) (isofleas con menor nivel de fiabilidad)	 Río
 n° Pozos utilizados en la evaluación estratigráfica	 Quebrada Permanente
	 Quebrada Intermitente
	 Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



**UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**  
**EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

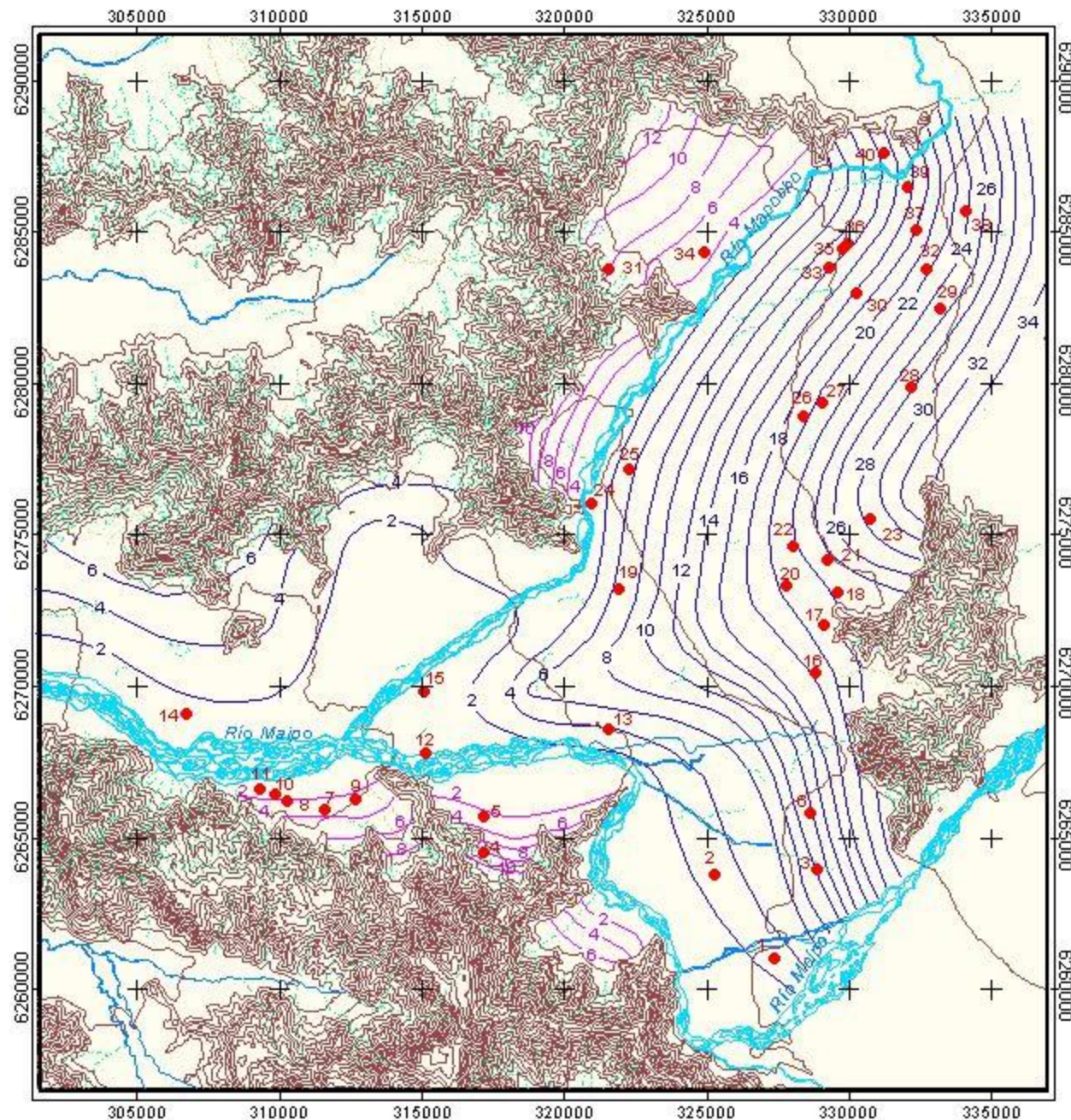


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Itda.

MOP. DGA. REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.



**MAPA N° 17**  
**EFFECTIVIDAD DE PROTECCIÓN DEL SUELO,**  
**(PUNTAJE P1) Y DE LA CUBIERTA LITOLÓGICA**  
**(PUNTAJE P2) EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

$P1 = S * R$		$P2 = R * (\text{suma } Ln * E)$			
	P1 = 5	Pozo	P2	Pozo	P2
	P1 = 12,5	1	225	21	2193,75
	P1 = 15	2	30	22	1335
	P1 = 25	3	720	23	2070,75
	P1 = 62,5	4	2362,5	24	337,5
	P1 = 75	5	468,75	25	915
	P1 = 156,25	6	1237,5	26	1425
	P1 = 187,5	7	675	27	1425
	n° Pozos utilizados en la evaluación estratigráfica	8	62,5	28	2025
		9	187,5	29	1800
		10	93,75	30	900
		11	12,5	31	1335
		12	15	32	975
		13	45	33	825
		14	75	34	450
		15	75	35	825
		16	1275	36	547,5
		17	1500	37	1275
	ASENTAMIENTOS	18	1650	38	1050
		19	225	39	1125
		20	1500	40	180
	HIDROGRAFÍA				
	Río				
	Estero				Curvas de nivel

**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

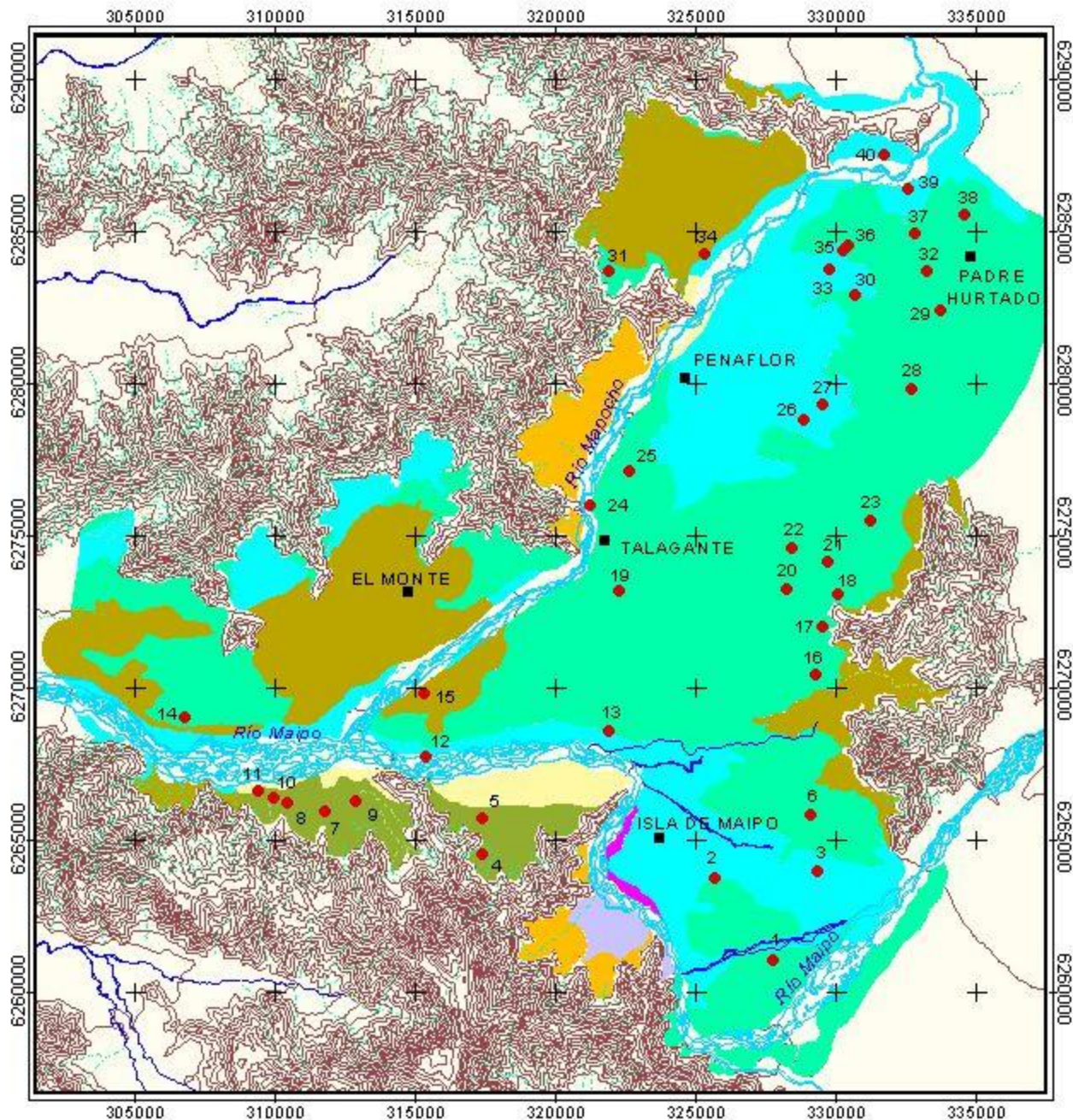
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO 1981. Estudio de suelos del Proyecto Maipo

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA.  
 PRO YECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

MOP, DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas. D.S n° 46 del 2002

MOP, DGA. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MOP, DGA REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de aguas subterráneas





**MAPA N° 18**  
**VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN**  
**DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ÁREA**  
**DE ESTUDIO SEGÚN EL MÉTODO BGR**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

Pt	EFFECTIVIDAD DE PROTECCIÓN	VULNERABILIDAD
<= 499	Muy baja	Alta
500 - 999	Baja	
1000 - 1999	Moderada	Media
2000 - 3999	Alta	Baja
>= 4000	Muy alta	

Pt = P1 + P2

n°	Pozo	Pt	Pozo	Pt
1	Pozo 1	300	21	2268.75
2	Pozo 2	45	22	1410
3	Pozo 3	735	23	2145.75
4	Pozo 4	2518.75	24	412.5
5	Pozo 5	625	25	990
6	Pozo 6	1312.5	26	1440
7	Pozo 7	831.25	27	1440
8	Pozo 8	218.75	28	2100
9	Pozo 9	343.75	29	1875
10	Pozo 10	250	30	975
<b>ASENTAMIENTOS</b>				
11	Pozo 11	168.75	31	1410
12	Pozo 12	30	32	1050
13	Pozo 13	120	33	840
<b>HIDROGRAFÍA</b>				
14	Pozo 14	150	34	465
15	Pozo 15	262.5	35	900
16	Pozo 16	1350	36	532.5
17	Pozo 17	1575	37	1350
18	Pozo 18	1725	38	1125
19	Pozo 19	300	39	1140
20	Pozo 20	1575	40	195

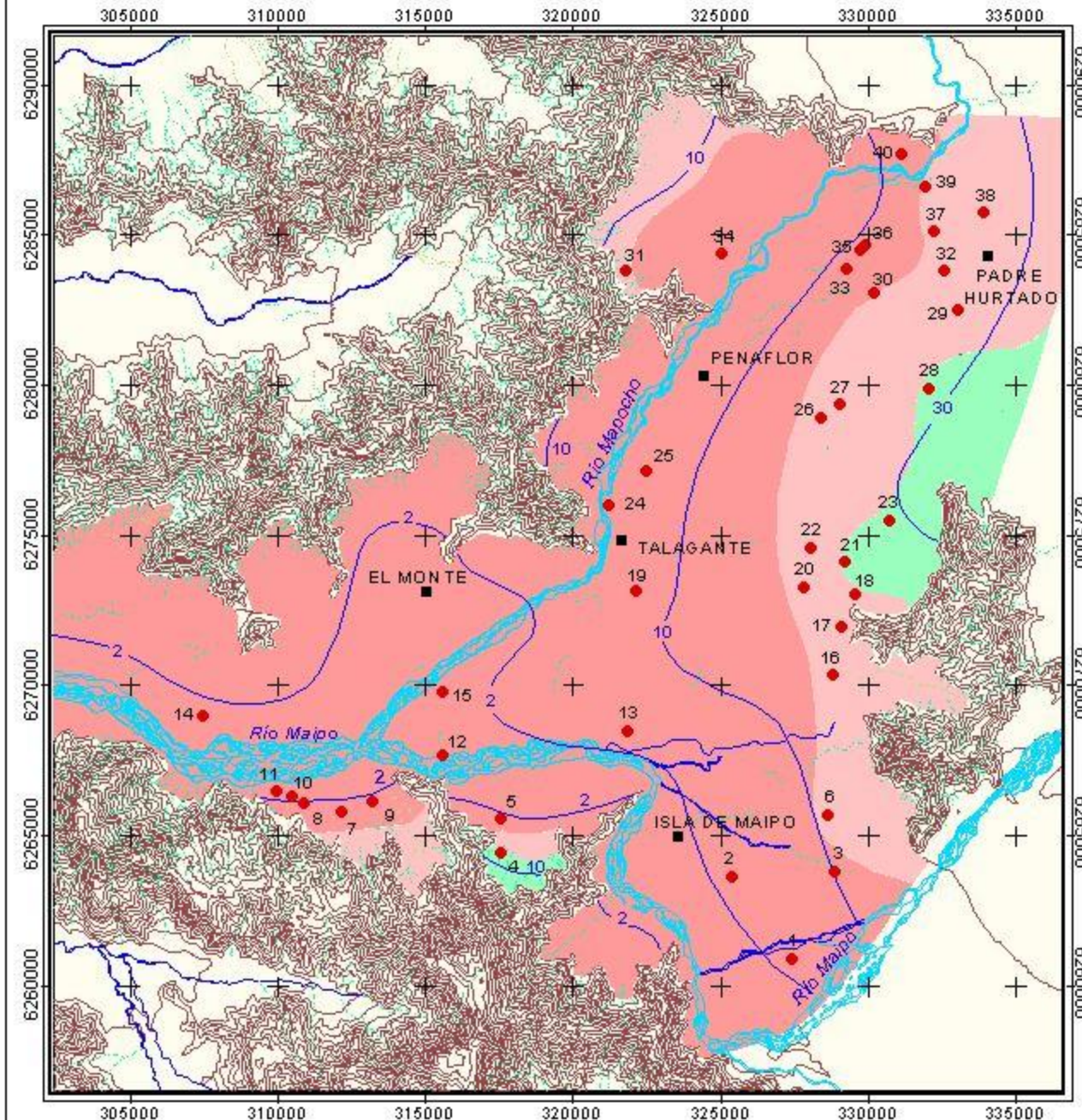
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA, PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

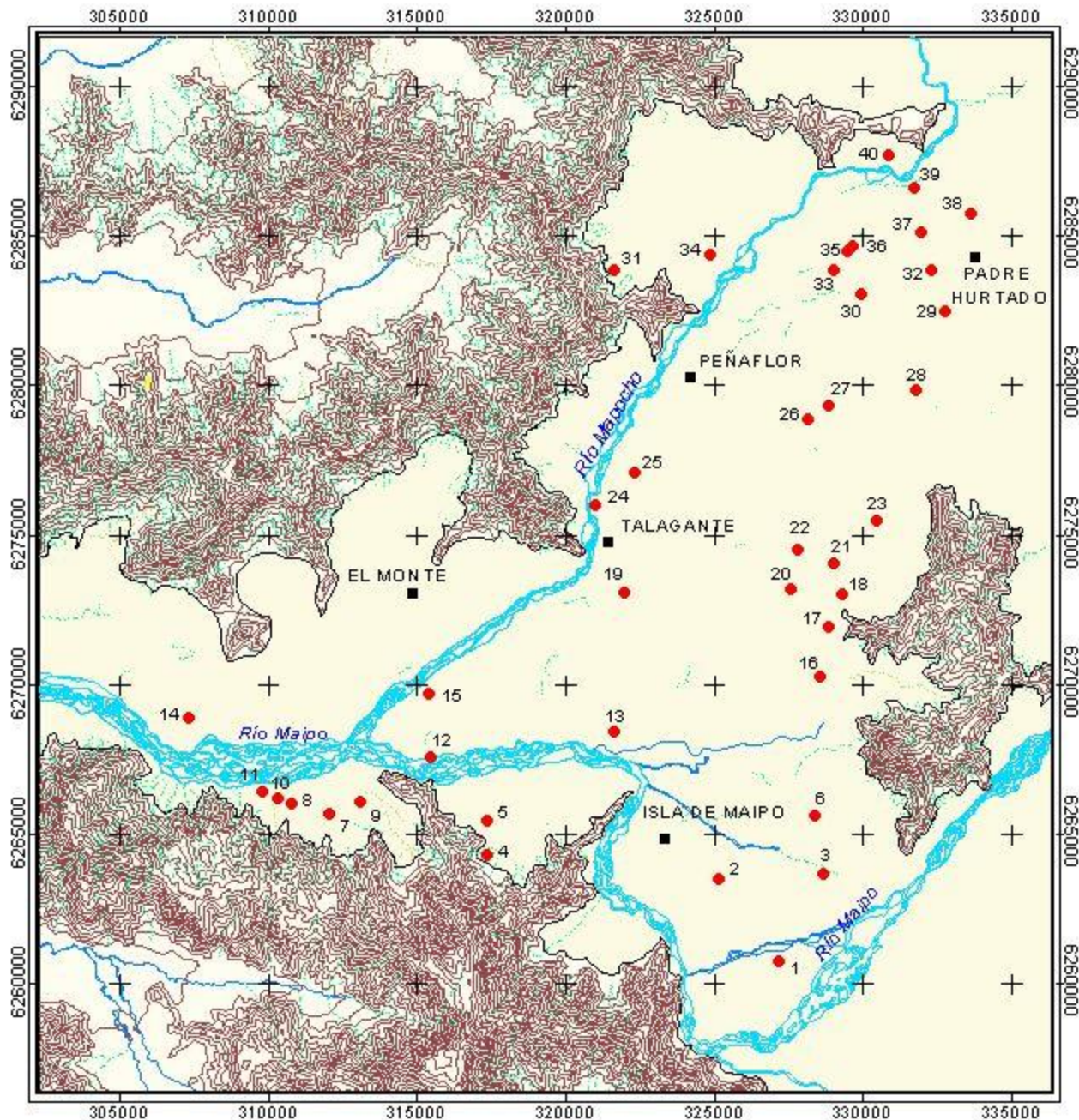
MOP, DGA 2004. Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas, D.S. n° 46 del 2002

MOP, DGA 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MOP, DGA REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos



**MAPA N° 19**  
**CONDICIÓN DEL ACUÍFERO EN EL ÁREA**  
**DE ESTUDIO SEGÚN LAS CATEGORÍAS**  
**ESTABLECIDAS EN EL MÉTODO GOD**  
 Escala 1 : 210000

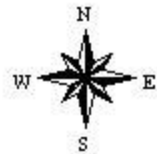


**SIMBOLOGÍA**

CONDICIÓN DEL ACUÍFERO	FACTOR G ASOCIADO
	1.0
	0.6
	0.4
	0.2
	0
	0

- n° Pozos utilizados en la evaluación
- ASENTAMIENTOS Ciudad
- HIDROGRAFÍA Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

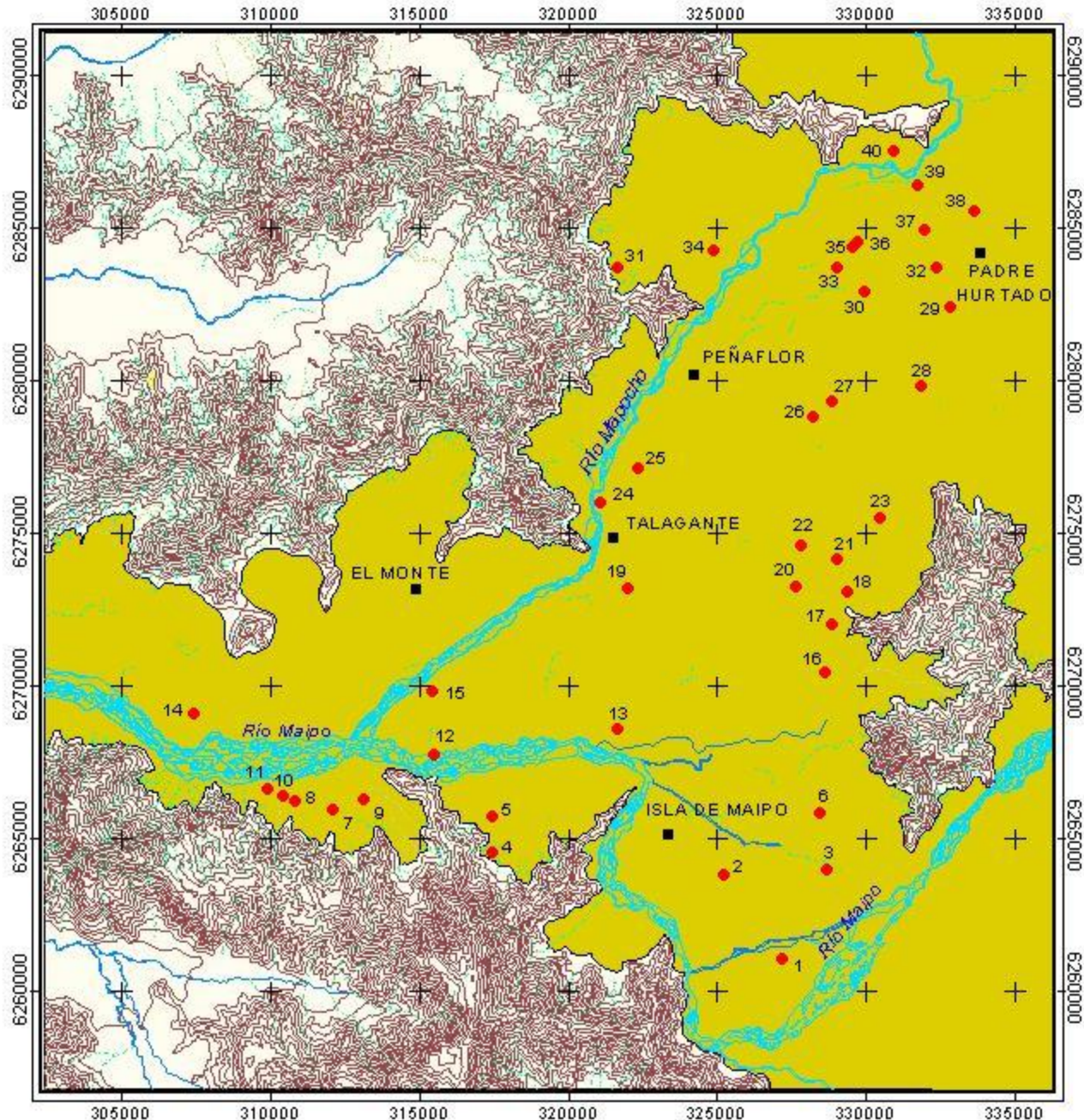
FOSTER, S; HIRATA, R. 1988. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

MO P. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MO P, DGA, REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de aguas subterráneas.

**MAPA N° 20**  
**ESTRATIGRAFÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
**SEGÚN LAS CATEGORÍAS ESTABLECIDAS**  
**EN EL MÉTODO GOD**  
**Escala 1:210000**

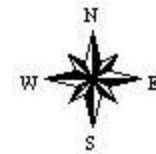


**SIMBOLOGÍA**

SEDIMENTOS NO CONSOLIDADOS	FACTOR O ASOCIADO
Gravas coluviales	0.8
Arenas y gravas aluviales y fluvio-glaciales	0.7
Arenas eólicas	0.6
Loes	0.5
Suelos residuales	0.4

- n° Pozos utilizados en la evaluación
- ASENTAMIENTOS Ciudad
- HIDROGRAFÍA Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



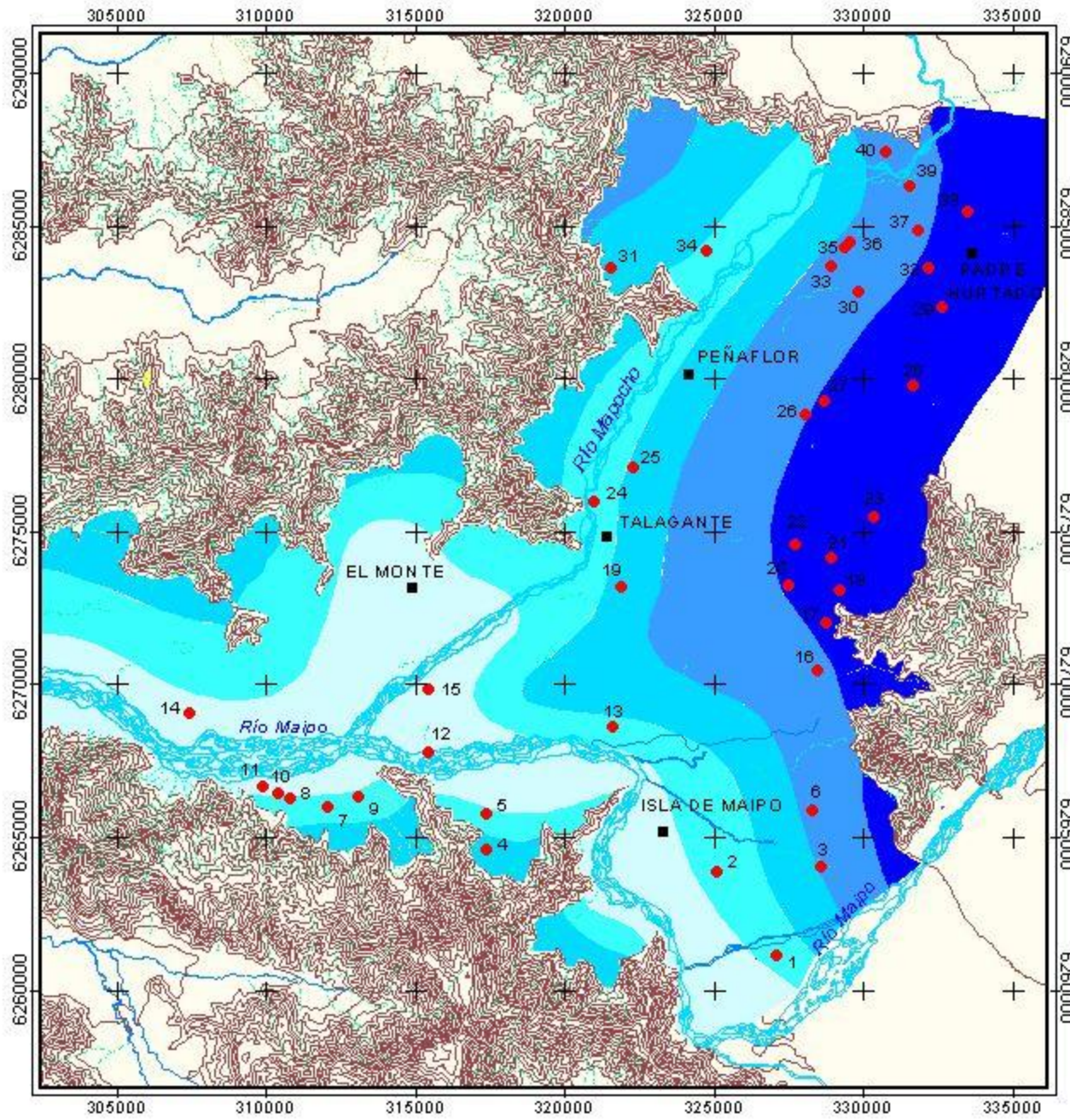
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

FOSTER, S; HIRATA, R. 1988. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

MOP, DGA REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.

**MAPA N° 21**  
**PROFUNDIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**  
**EN EL ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN RANGOS**  
**ESTABLECIDOS EN EL MÉTODO GOD**  
**Escala 1:210000**

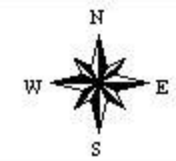


**SIMBOLOGÍA**

PROFUNDIDAD DEL AGUA (mt)	FACTOR D ASOCIADO
< 2	1.0
2 - 5	0.9
5 - 10	0.8
10 - 20	0.7
20 - 50	0.6
50 - 100	0.5
> 100	0.4

- n° Pozos utilizados en la evaluación
- ASENTAMIENTOS
  - Ciudad
- Curvas de nivel
- HIDROGRAFÍA**
  - Río
  - Estero
  - Quebrada Permanente
  - Quebrada Intermittente

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

FOSTER, S; HIRATA, R. 1988. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes


GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuencas de los ríos Maipo - Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.

MOP, DGA. REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea

**MAPA N° 22**  
**VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN**  
**DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DE**  
**ESTUDIO SEGÚN EL MÉTODO GOD**  
**Escala 1:210000**

**SIMBOLOGÍA**

VULNERABILIDAD	PRODUCTO FINAL
 Extrema	0.71 - 1.0
 Alta	0.51 - 0.7
 Moderada	0.31 - 0.5
 Baja	0.11 - 0.3
 No significativa	0 - 0.1

-  n° Pozos utilizados en la evaluación
-  n° Profundidad del agua (mt)
-  ASENTAMIENTOS  
■ Ciudad
-  RÍO
-  ESTERO
-  Quebrada Permanente
-  Quebrada Intermitente
-  Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**

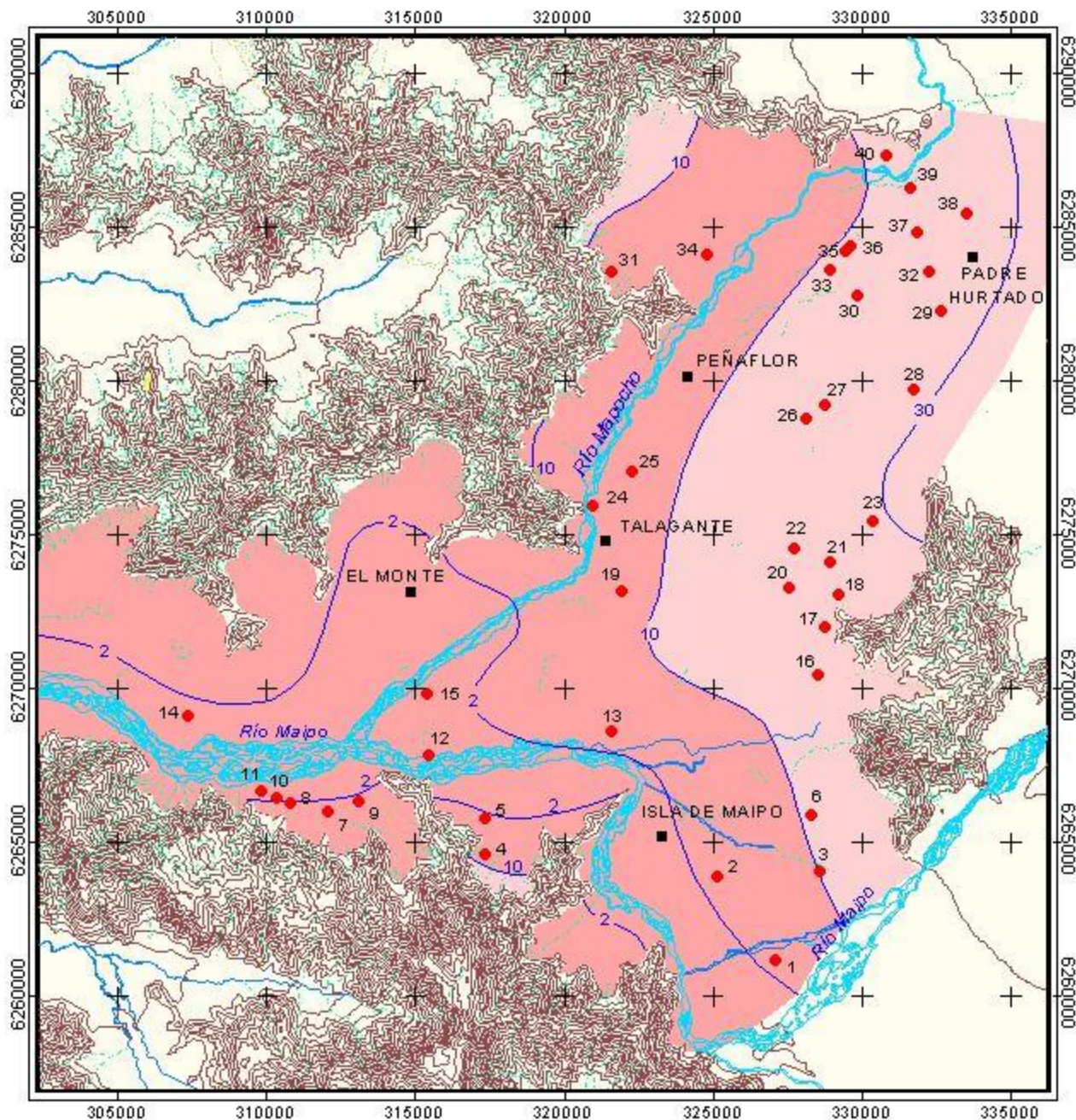


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

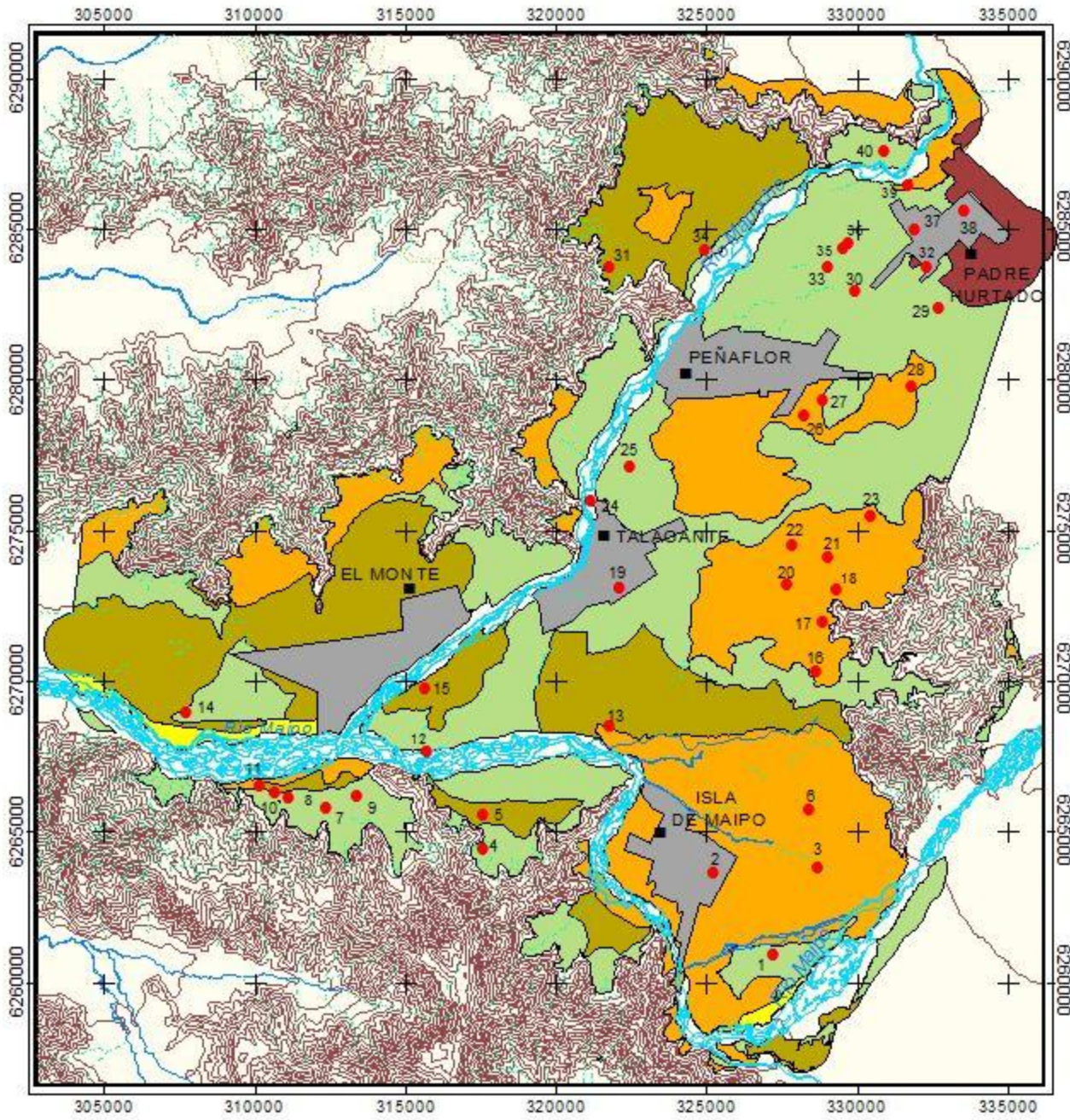
FOSTER, S; HIRATA, R. 1988. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas, una metodología basada en datos existentes.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

MOP, DGA REGIÓN METROPOLITANA. Ubicación y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea.



**MAPA N°23**  
**DETERMINACIÓN DEL FACTOR S EN LA**  
**APLICACIÓN DEL MÉTODO GOD-SEN LA**  
**PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

**TEXTURA DE LOS SUELOS**

Agrupamiento textural	Factor S
<b>Fina</b>	
A Muy fina	0.5
B Fina	0.5
C Moderadamente fina	0.6
<b>Media</b>	
D Media	0.8
<b>Gruesa</b>	
E Moderadamente gruesa	0.9
F Gruesa	1.0

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- n° Pozos utilizados en la evaluación
- Curvas de nivel
- Planta urbana

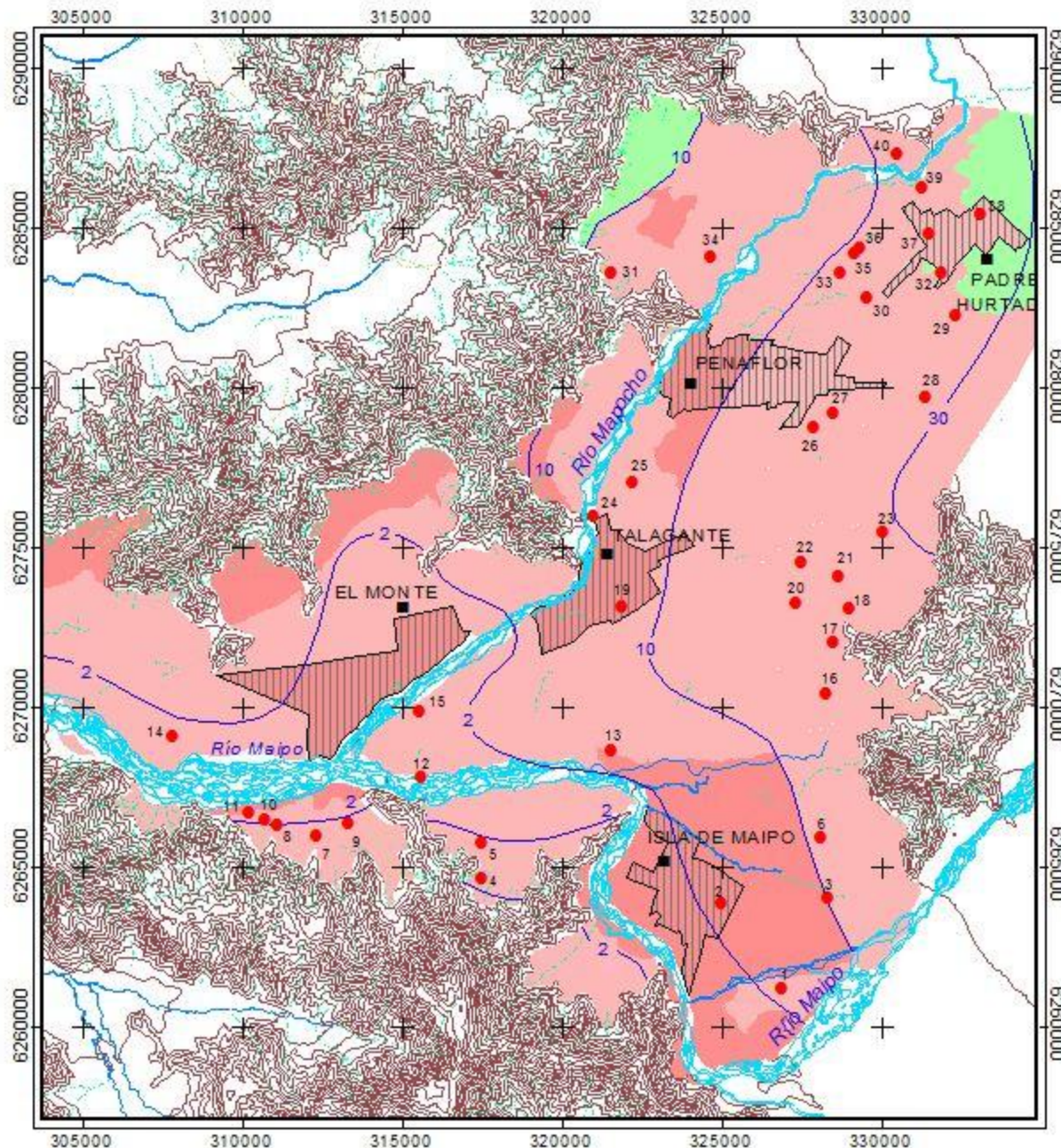
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. 1981. Estudio de suelos del proyecto Maipo.

GOBIERNO REGIONAL. REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana.

S, FOSTER; R, HIRATA; D, GOMEZ; M, DELIA; M, PARIS. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

MAPA N° 24  
**VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN  
 DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL  
 ÁREA DE ESTUDIO SEGÚN EL MÉTODO GODS**



**SIMBOLOGÍA**

VULNERABILIDAD	PRODUCTO FINAL
Extrema	0.71 - 1.0
Alta	0.51 - 0.7
Moderada	0.31 - 0.5
Baja	0.11 - 0.3
No significativa	0 - 0.1

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- n° Profundidad del agua (mt)

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- n° Pozos utilizados en la evaluación
- Zonas urbanas
- Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MOP, DGA REGIÓN METROPOLITANA. Información y características de los pozos. Información extraída desde los expedientes de solicitudes de derechos de agua subterránea

S, FOSTER; R, HIRATA; D, GOMEZ; M, D'ELIA; M, PARIS. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales.

**MAPA N° 25**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LAS**  
**ESTACIONES DE SERVICIO EN LA**  
**PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

E ST. DE SERVICIOS	PELIGRO	VULNERABILIDAD
▲ n°	Alto	Alta
▲ n°	Moderado	Media
▲ n°	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- Profundidad de las aguas (mt)

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Zona urbana
- Curvas de nivel

**CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE SERVICIOS**

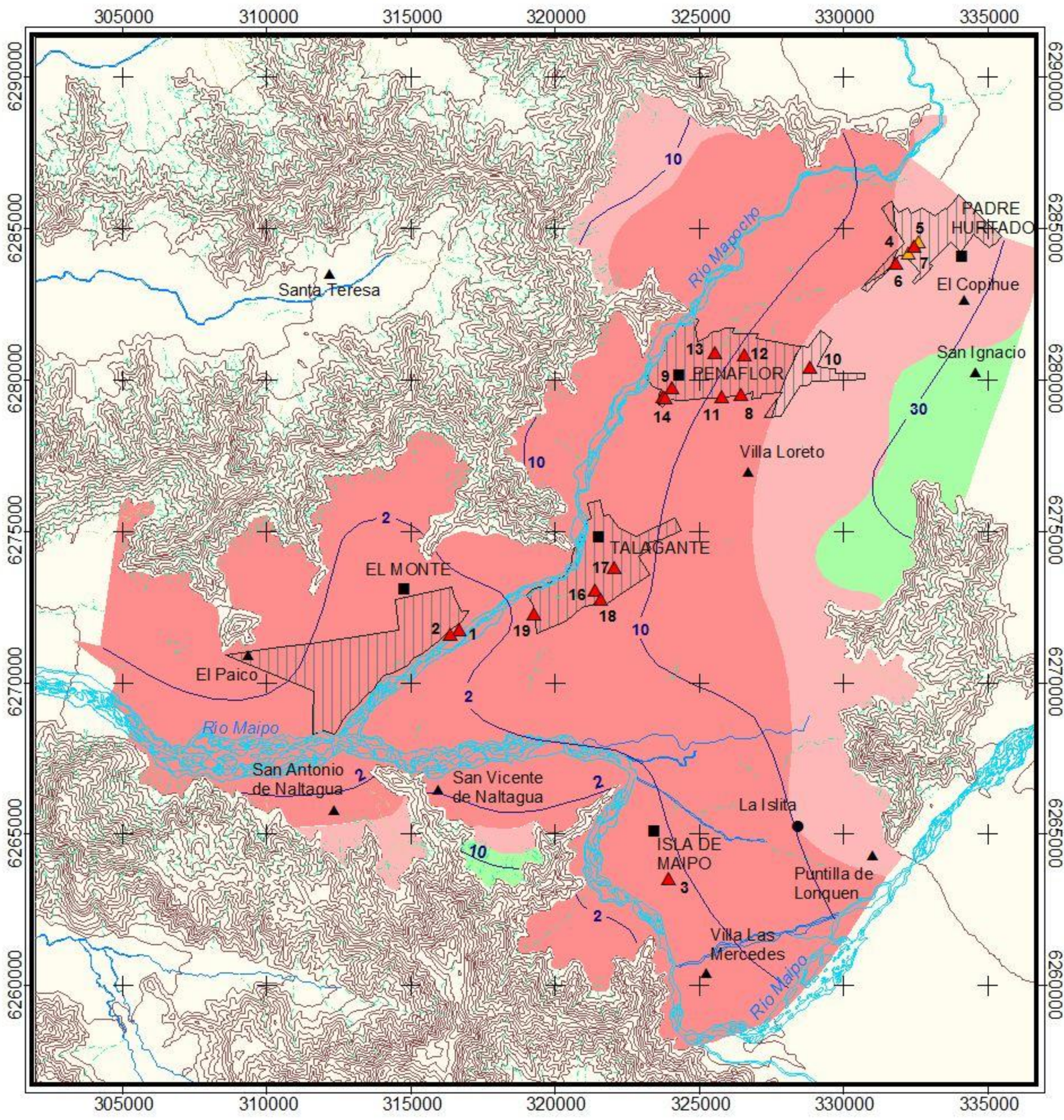
N°	CARGA CONTAMINANTE	VULNERABILIDAD	PELIGRO
1	Elevado	Alta	Alto
2	Elevado	Alta	Alto
3	Elevado	Alta	Alto
4	Moderado	Media	Moderado
5	Moderado	Media	Moderado
6	Moderado	Alta	Alto
7	Elevado	Media	Alto
8	Moderado	Alta	Alto
9	Elevado	Alta	Alto
10	Elevado	Media	Alto
11	Elevado	Alta	Alto
12	Elevado	Alta	Alto
13	Elevado	Alta	Alto
14	Moderado	Alta	Alto
15	Moderado	Alta	Alto
16	Elevado	Alta	Alto
17	Moderado	Alta	Alto
18	Elevado	Alta	Alto
19	Moderado	Alta	Alto

**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

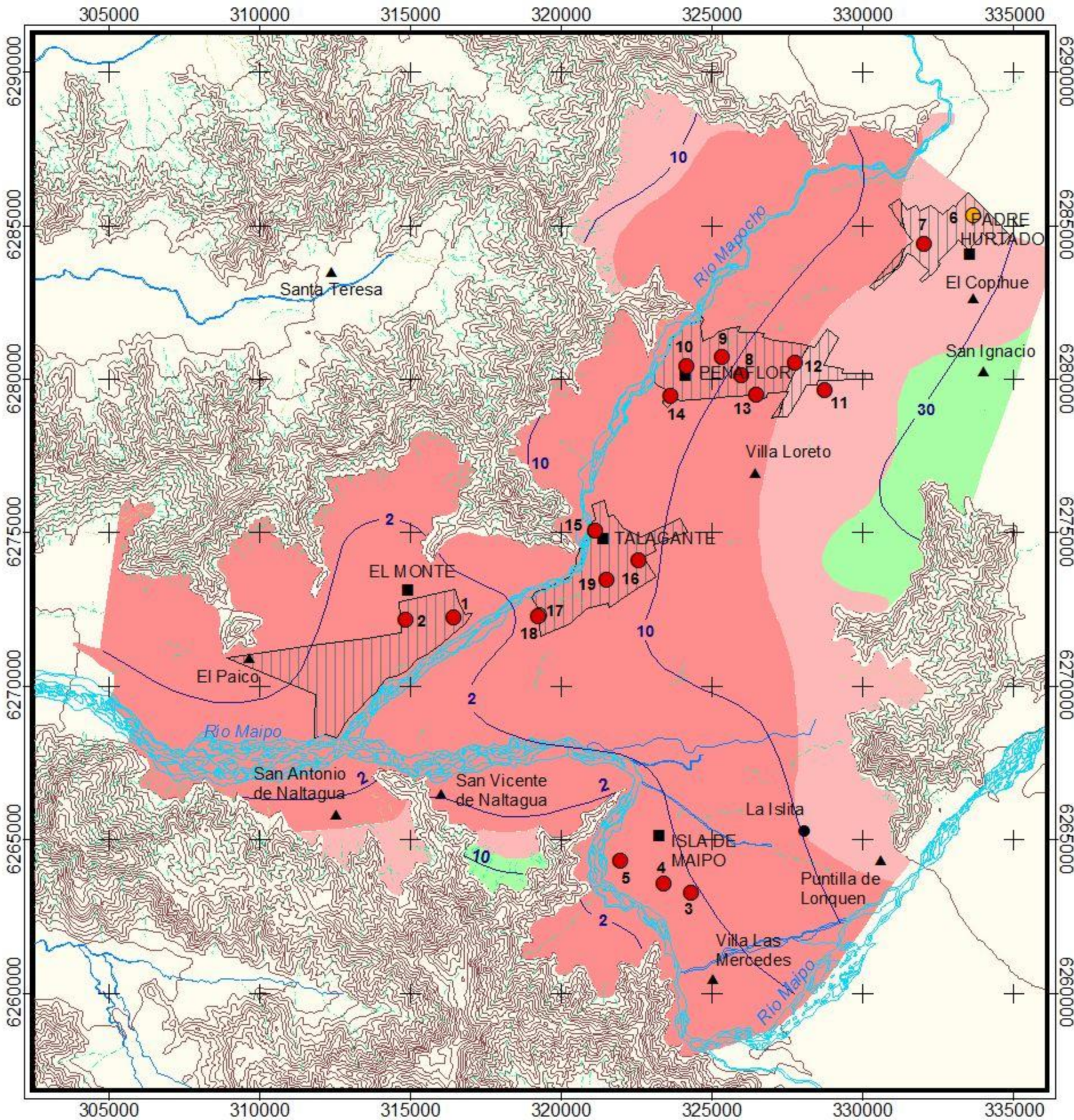
GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES.  
 Ubicación y características de las estaciones de servicio.





**MAPA N° 26**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LOS**  
**CONSUMOS PROPIOS EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

CONSUMOS PROPIOS	PELIGRO	VULNERABILIDAD
● n°	Alto	Alta
○ n°	Moderado	Media
○ n°	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- Profundidad de las aguas (mt)

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Zona urbana
- Curvas de nivel

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMOS PROPIOS**

N°	CARGA CONTAMINANTE	VULNERABILIDAD	PELIGRO
1	Elevado	Alta	Alto
2	Elevado	Alta	Alto
3	Elevado	Alta	Alto
4	Moderado	Alta	Alto
5	Moderado	Alta	Alto
6	Moderado	Media	Moderado
7	Elevado	Media	Alto
8	Moderado	Alta	Alto
9	Moderado	Alta	Alto
10	Moderado	Alta	Alto
11	Elevado	Media	Alto
12	Moderado	Alta	Alto
13	Moderado	Alta	Alto
14	Elevado	Alta	Alto
15	Moderado	Alta	Alto
16	Moderado	Alta	Alto
17	Elevado	Alta	Alto
18	Moderado	Alta	Alto
19	Moderado	Alta	Alto

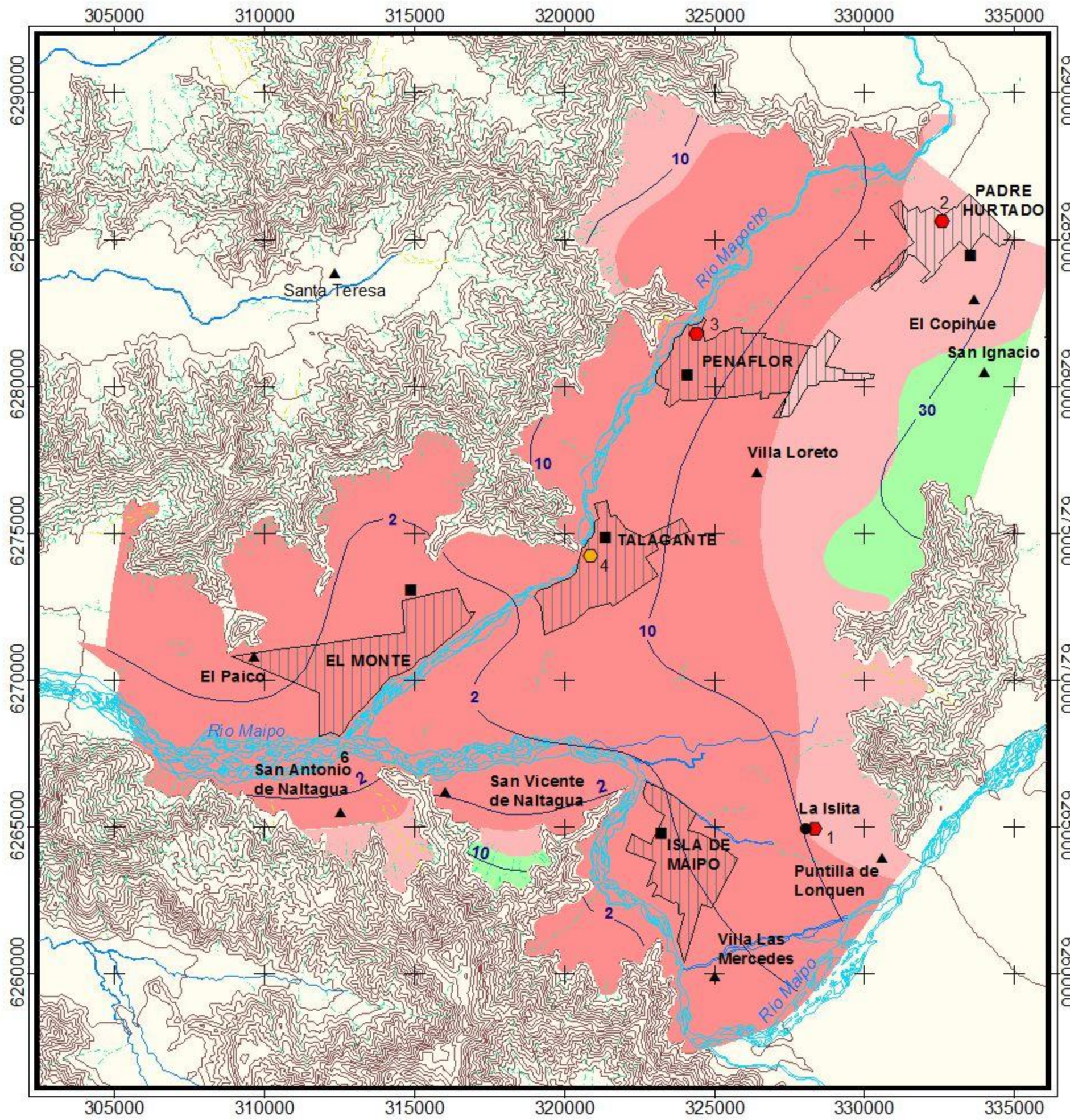
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES. Ubicación y características de las estaciones de servicio.

**MAPA N° 27**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUAS SUBTERRÁNEAS GENERADO POR LOS**  
**VIRS EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

VIRS	PELIGRO POTENCIAL	VULNERABILIDAD
● n°	Alto	Alta
○ n°	Moderado	Media
○ n°	Bajo	Baja

- ASENTAMIENTOS**
- Ciudad
  - Pueblo
  - ▲ Aldea
- HIDROGRAFÍA**
- Río
  - Estero
  - Quebrada Permanente
  - Quebrada Intermitente
- n° Profundidad del agua (mt)
- Curvas de nivel
- ▨ Zona urbana

**CARACTERÍSTICAS DE LOS VIRS**

N°	CARGA CONTAMINANTE	VULNERABILIDAD	PELIGRO POTENCIAL
1	Elevado	Media	Alto
2	Elevado	Media	Alto
3	Moderado	Alta	Alto
4	Reducido	Alta	Moderado

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

SESMA (2005). Registro de vertederos clandestinos de residuos sólidos

**MAPA N° 28**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO AL**  
**SANEAMIENTO IN SITU EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

SIMBOLO	PELIGRO
	Alto
	Moderado
	Bajo

**DIVISIÓN POLITICA ADMINISTRATIVA**  
 Límite provincial  
 Límite comunal

**ASENTAMIENTOS**  
 Ciudad  
 Pueblo  
 Aldea  
 Profundidad de las aguas (mt)

**HIDROGRAFÍA**  
 Río  
 Estero  
 Quebrada Permanente  
 Quebrada Intermitente

Zona urbana  
**An°** Identificación de zonas  
 Curvas de nivel

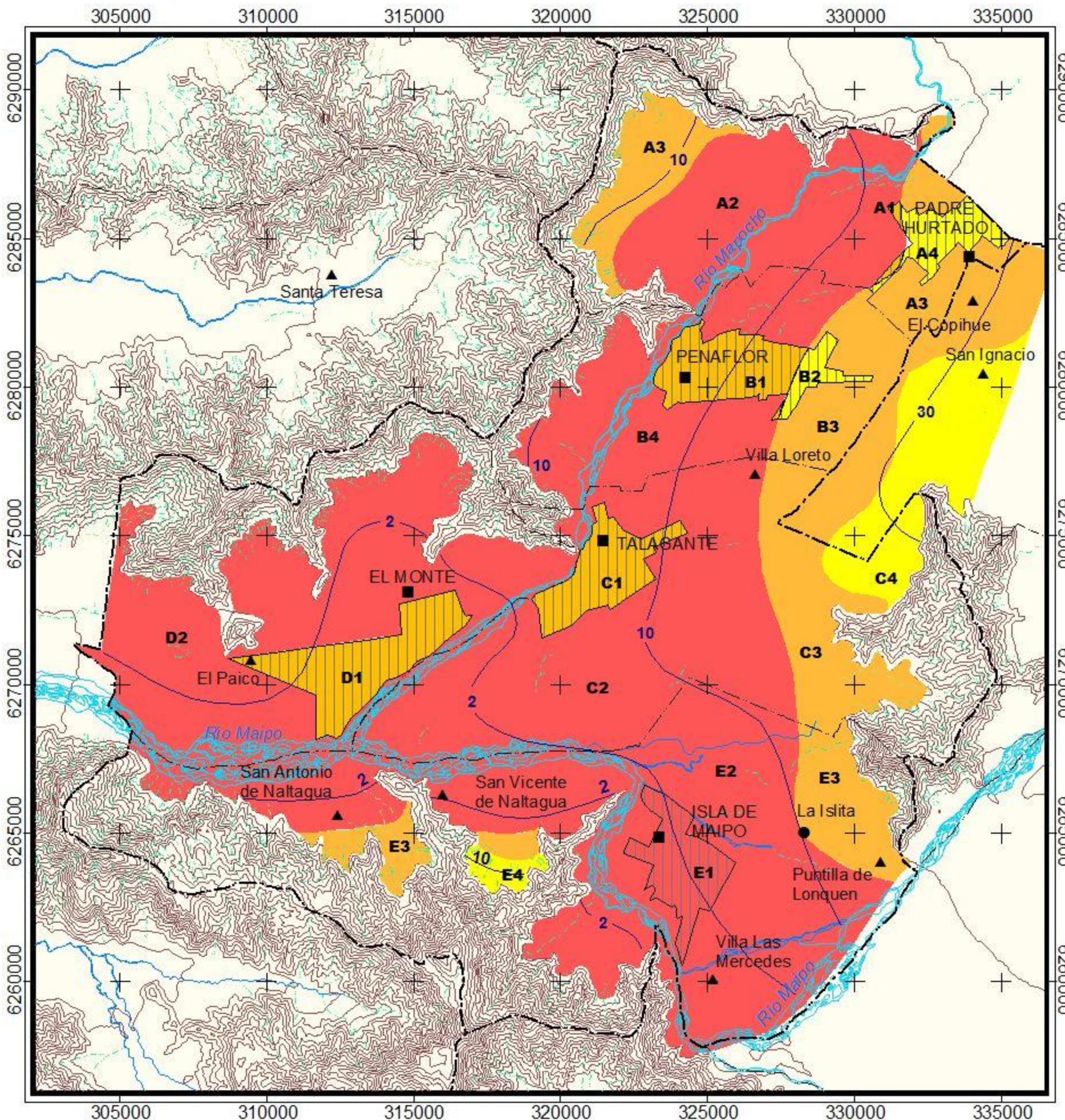
**CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS**

ZONA	COMUNA	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
A1	Padre Hurtado	Reducido	Alta	Moderado
A2	Padre Hurtado	Moderado	Alta	Alto
A3	Padre Hurtado	Moderado	Media	Moderado
A4	Padre Hurtado	Reducido	Media	Bajo
B1	Peñaflor	Reducido	Alta	Moderado
B2	Peñaflor	Reducido	Media	Bajo
B3	Peñaflor	Moderado	Media	Moderado
B4	Peñaflor	Moderado	Alta	Alto
C1	Talagante	Reducido	Alta	Moderado
C2	Talagante	Moderado	Alta	Alto
C3	Talagante	Moderado	Media	Moderado
C4	Talagante	Moderado	Baja	Bajo
D1	El Monte	Reducido	Alta	Moderado
D2	El Monte	Moderado	Alta	Alto
E1	Isla de Maipo	Elevado	Alta	Alto
E2	Isla de Maipo	Moderado	Alta	Alto
E3	Isla de Maipo	Moderado	Media	Moderado
E4	Isla de Maipo	Moderado	Baja	Bajo

**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL, REGION METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana



**MAPA N° 29**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE**  
**AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LOS**  
**RECINTOS HOSPITALARIOS EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

HOSPITALES	CON SULTORIOS Y POSTAS	PELIGRO	VULNERABILIDAD
● n°	▲ n°	Alto	Alta
○ n°	△ n°	Moderado	Media
○ n°	△ n°	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente
- Profundidad de las aguas (mt)

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Curvas de nivel
- Zona urbana

**CARACTERÍSTICAS DE LOS RECINTOS HOSPITALARIOS**

N°	RECINTO	CARGA CONTAMINANTE	VULNERABILIDAD	PELIGRO
1	Hospital	Reducido	Alta	Moderado
2	Hospital	Reducido	Alta	Moderado
3	C.G.U.	Reducido	Media	Bajo
4	C.G.R.	Reducido	Alta	Moderado
5	C.G.R.	Reducido	Alta	Moderado
6	P.S.R.	Reducido	Alta	Moderado
7	P.S.R.	Reducido	Alta	Moderado
8	P.S.R.	Reducido	Alta	Moderado
9	C.G.U.	Reducido	Alta	Moderado
10	P.S.R.	Reducido	Alta	Moderado
11	C.G.U.	Reducido	Alta	Moderado
12	C.G.R.	Reducido	Media	Bajo

**C.G.U.:** Consultorio general urbano

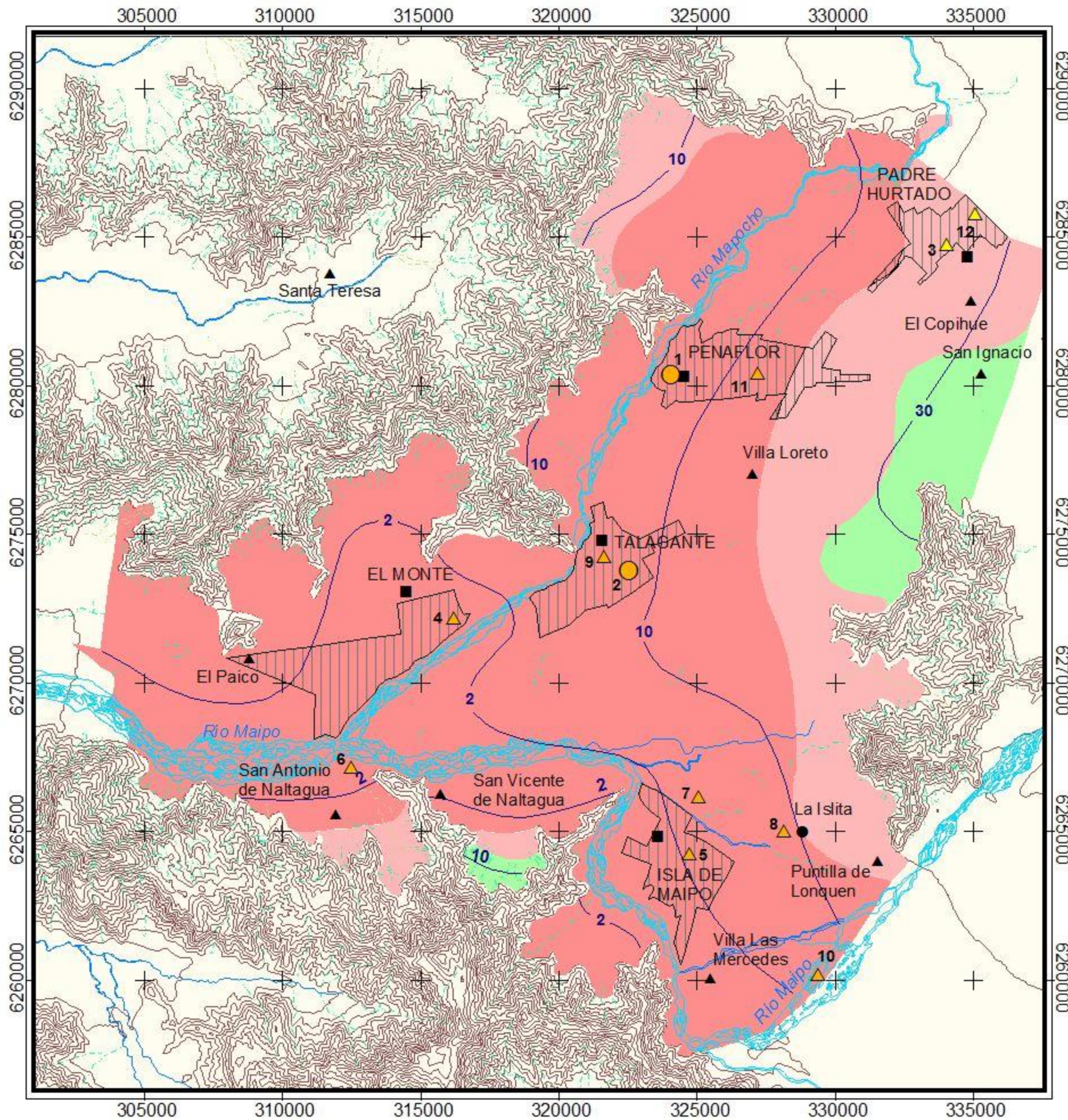
**C.G.R.:** Consultorio general rural

**P.S.R.:** Posta de salud rural

**FUENTE CARTOGRÁFICA**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGION METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana



**MAPA N° 30**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LOS**  
**CEMENTERIOS EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

CEMENTERIOS	PELIGRO	VULNERABILIDAD
● n°	Alto	Alta
○ n°	Moderado	Media
○ n°	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente

n° Profundidad de las aguas (mt)

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Curvas de nivel
- Zona urbana

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTERIOS**

N°	CARGA CONTAMINANTE	VULNERABILIDAD	PELIGRO
1	Baja	Media	Bajo
2	Baja	Alta	Moderado
3	Baja	Alta	Moderado
4	Baja	Alta	Moderado

**NORTE GEOGRÁFICO**

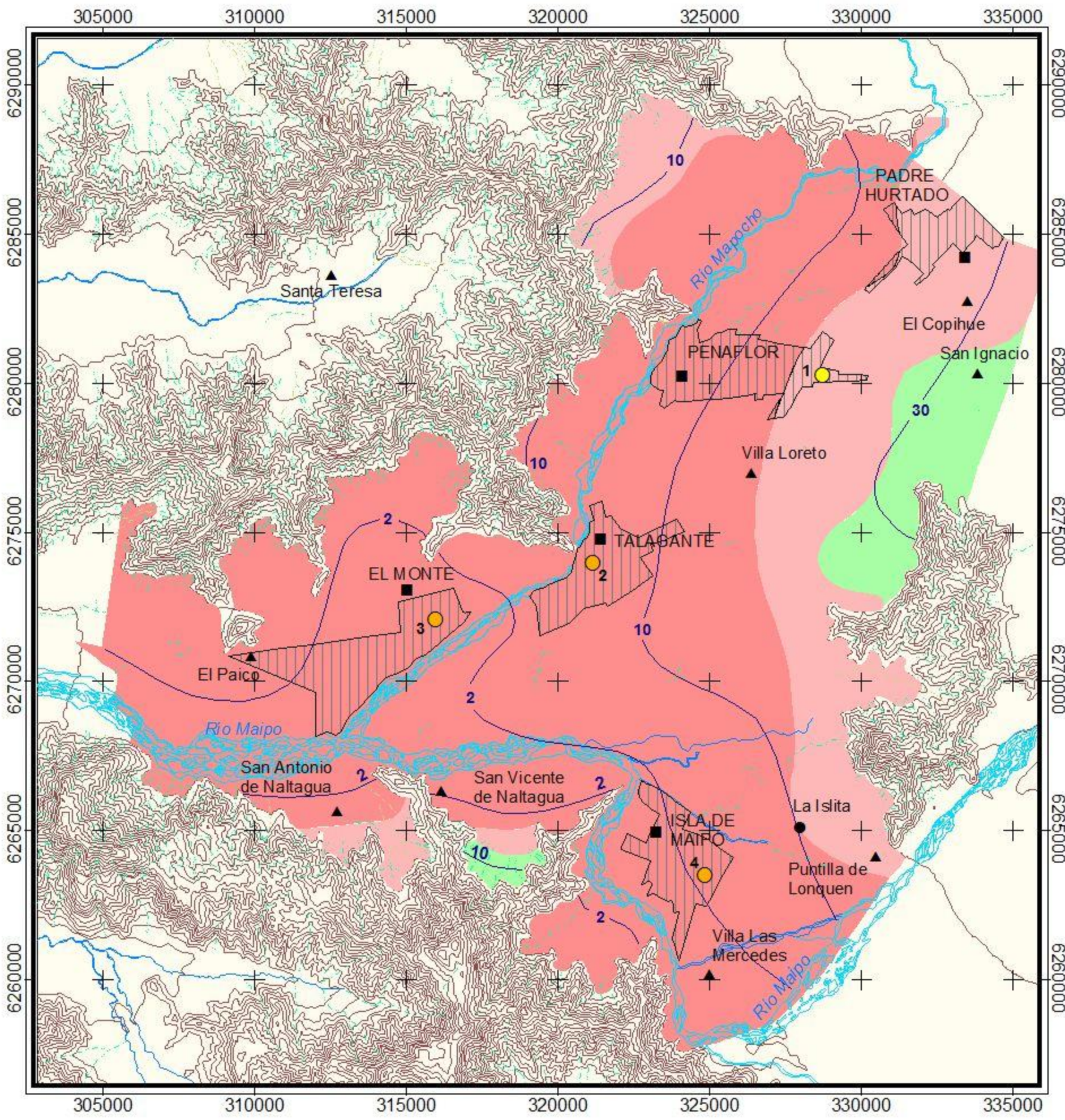


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

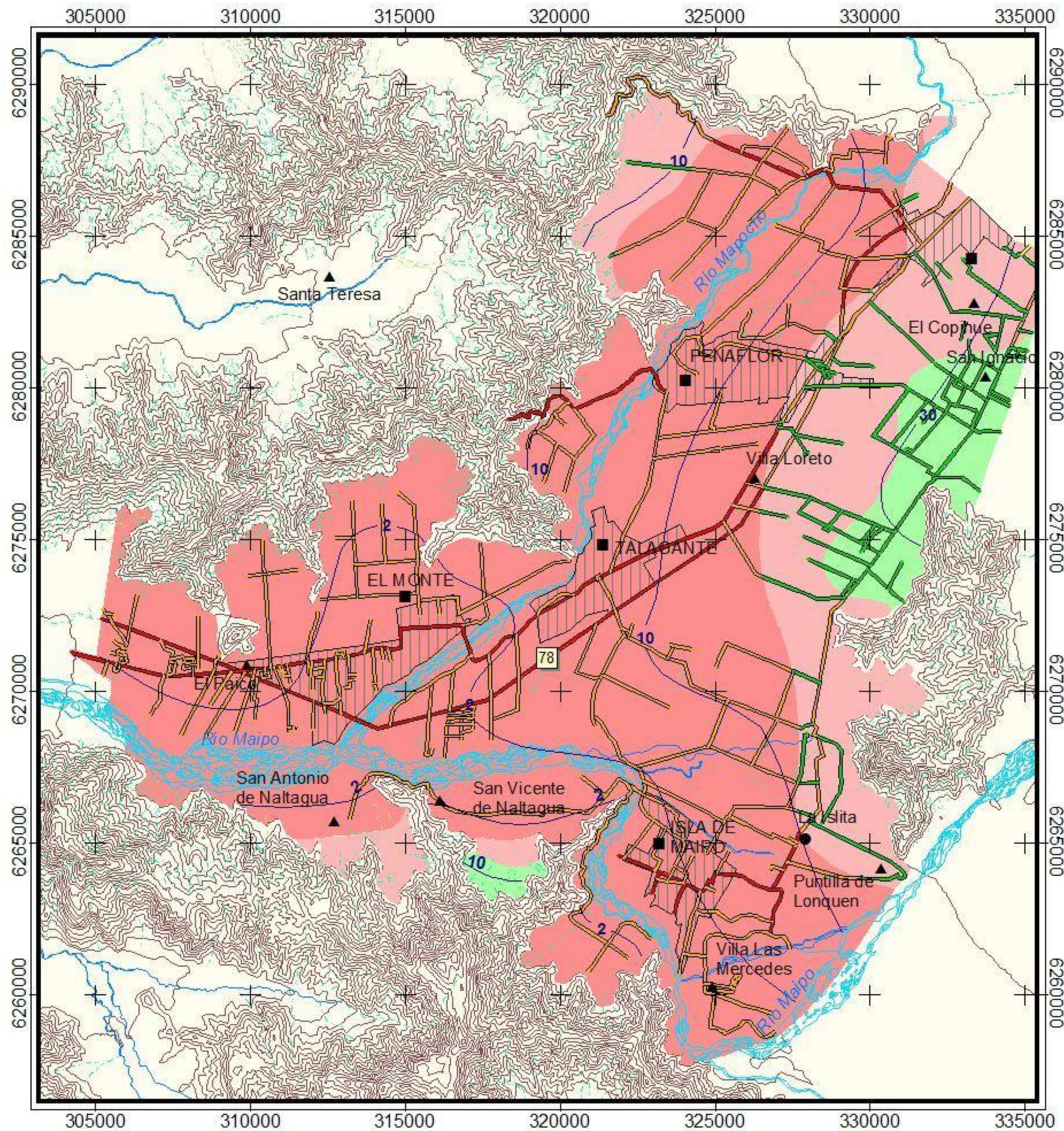
AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

SESMA. Características y ubicación de los cementerios



**MAPA N° 31**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE**  
**AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LAS VÍAS DE**  
**TRANSPORTE EN LA PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1 : 210000



**SIMBOLOGÍA**

VÍAS DE TRANSPORTE	PELIGRO	VULNERABILIDAD
	Alto	Alta
	Moderado	Media
	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Curvas de nivel
- Zona urbana

n° Profundidad del agua (mt)

**CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS DE TRANSPORTE**

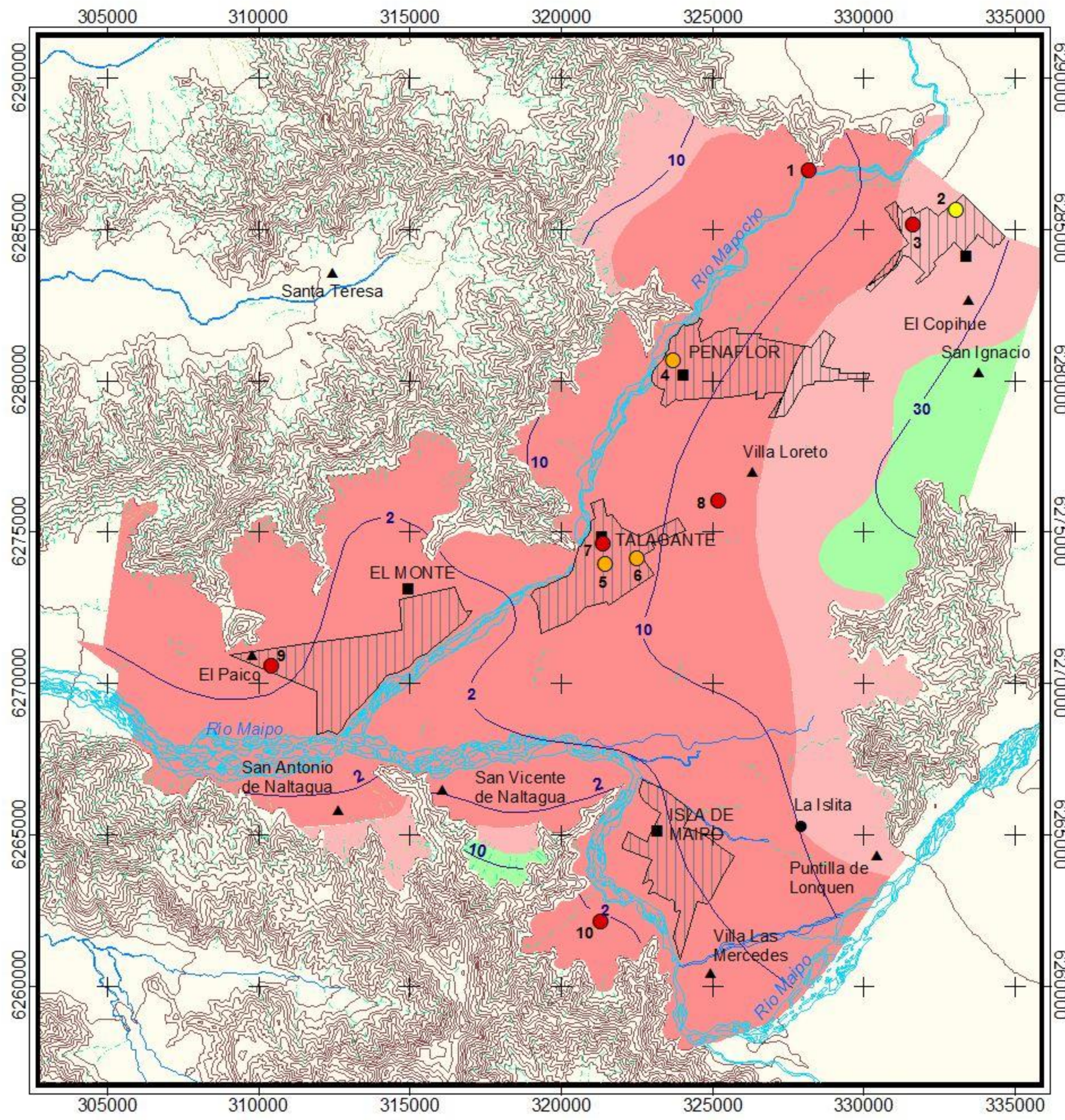
TIPO DE VÍA	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
Autopistas	Moderado	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Pavimentado 2 o mas vías	Moderado	Alta	Alto
		Media	Moderado
		Baja	Bajo
Sin pavimentar 2 o más vías	Reducido	Alta	Moderado
		Media	Bajo
		Baja	Bajo
Pavimentado 1 vía	Reducido	Alta	Moderado
		Media	Bajo
		Baja	Bajo
Sin pavimentar 1 vía	Reducido	Alta	Moderado
		Media	Bajo
		Baja	Bajo

**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

**MAPA N° 32**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO**  
**A LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL EN LA**  
**PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

INDUSTRIA	PELIGRO POTENCIAL	VULNERABILIDAD
● n°	Alto	Alta
○ n°	Moderado	Media
○ n°	Bajo	Baja

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermitente

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Zona urbana
- Profundidad de las aguas (mt)
- Curvas de nivel

**CARACTERÍSTICAS DE LAS INDUSTRIAS**

N°	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
1	Elevado	Alta	Alto
2	Reducido	Media	Bajo
3	Elevado	Media	Alto
4	Reducido	Alta	Moderado
5	Reducido	Alta	Moderado
6	Reducido	Alta	Moderado
7	Moderado	Alta	Alto
8	Moderado	Alta	Alto
9	Moderado	Alta	Alto
10	Moderado	Alta	Alto

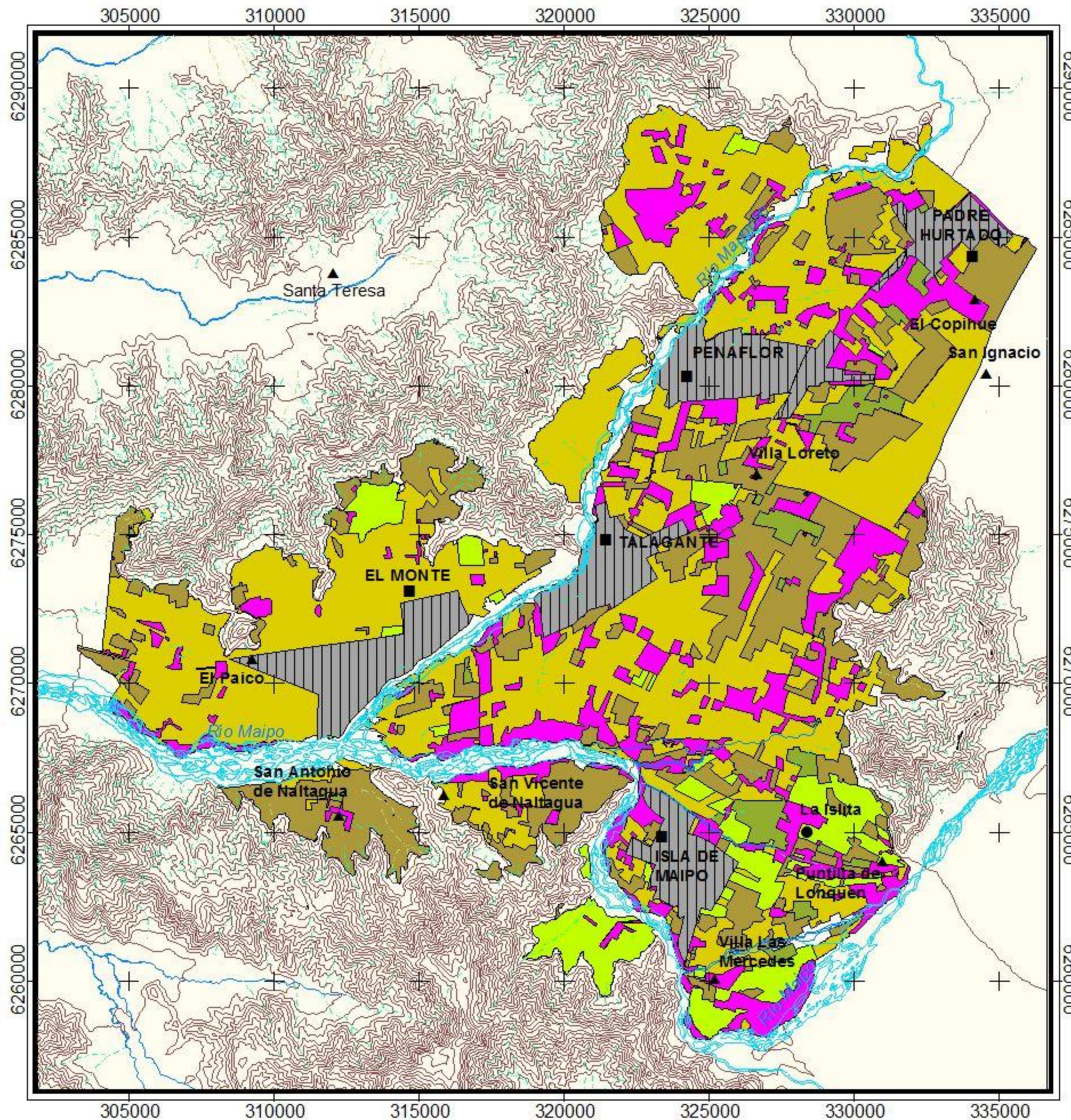
**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

FIGUEIREDO FERRAZ, CONSULTORIA E INGENIERÍA DE PROYECTOS. 1998. Actualización del catastro nacional de residuos industriales líquidos de 1992

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

**MAPA N° 33**  
**TIPOS DE CULTIVOS EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000



**SIMBOLOGÍA**

**TIPOS DE CULTIVOS**

- Cultivos (Cereales, chacras, hortalizas, forraje)
- Viñas
- Parronales
- Frutales
- Usos no agrícolas (Parcelas de agrado, tranques, humedales)

**HIDROGRAFÍA**

- Río
- Estero
- Quebrada Permanente
- Quebrada Intermittente
- Curvas de nivel

**ASENTAMIENTOS**

- Ciudad
- Pueblo
- Aldea
- Zona urbana

**NORTE GEOGRÁFICO**



**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.

INE. 1997. Resultados preliminares VI censo nacional agropecuario.





GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA. PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana





**MAPA N° 34**  
**CALIDAD DEL AGUA PARA EL RIEGO EN LA**  
**PROVINCIA DE TALAGANTE**  
 Escala 1 : 210000

**SIMBOLOGÍA**




CALIDAD BACTEREOLÓGICA DEL AGUA  
 ( Coliformes fecales / 100 ml)

- |   |          |                                     |
|---|----------|-------------------------------------|
|  | Buena    | (Mayor que 1, menor que 1000)       |
|  | Regular  | (Mayor que 1000, menor que 10000)   |
|  | Mala     | (Mayor que 10000, menor que 100000) |
|  | Muy mala | (Mayor que 100000)                  |


**SECTORES DE RIEGO**

- |   |   |
|---|---|
|  | Sector regado con aguas del río Maipo   |
|  | Sector regado con aguas del río Mapocho |

**ASENTAMIENTOS**

- |   |        |
|---|--------|
|  | Ciudad |
|  | Pueblo |
|  | Aldea  |

**HIDROGRAFÍA**

- |   |                       |
|---|-----------------------|
|  | Río                   |
|  | Estero                |
|  | Quebrada Permanente   |
|  | Quebrada Intermitente |
|  | Canal                 |

 Zona urbana

 Curvas de nivel

**NORTE GEOGRÁFICO**

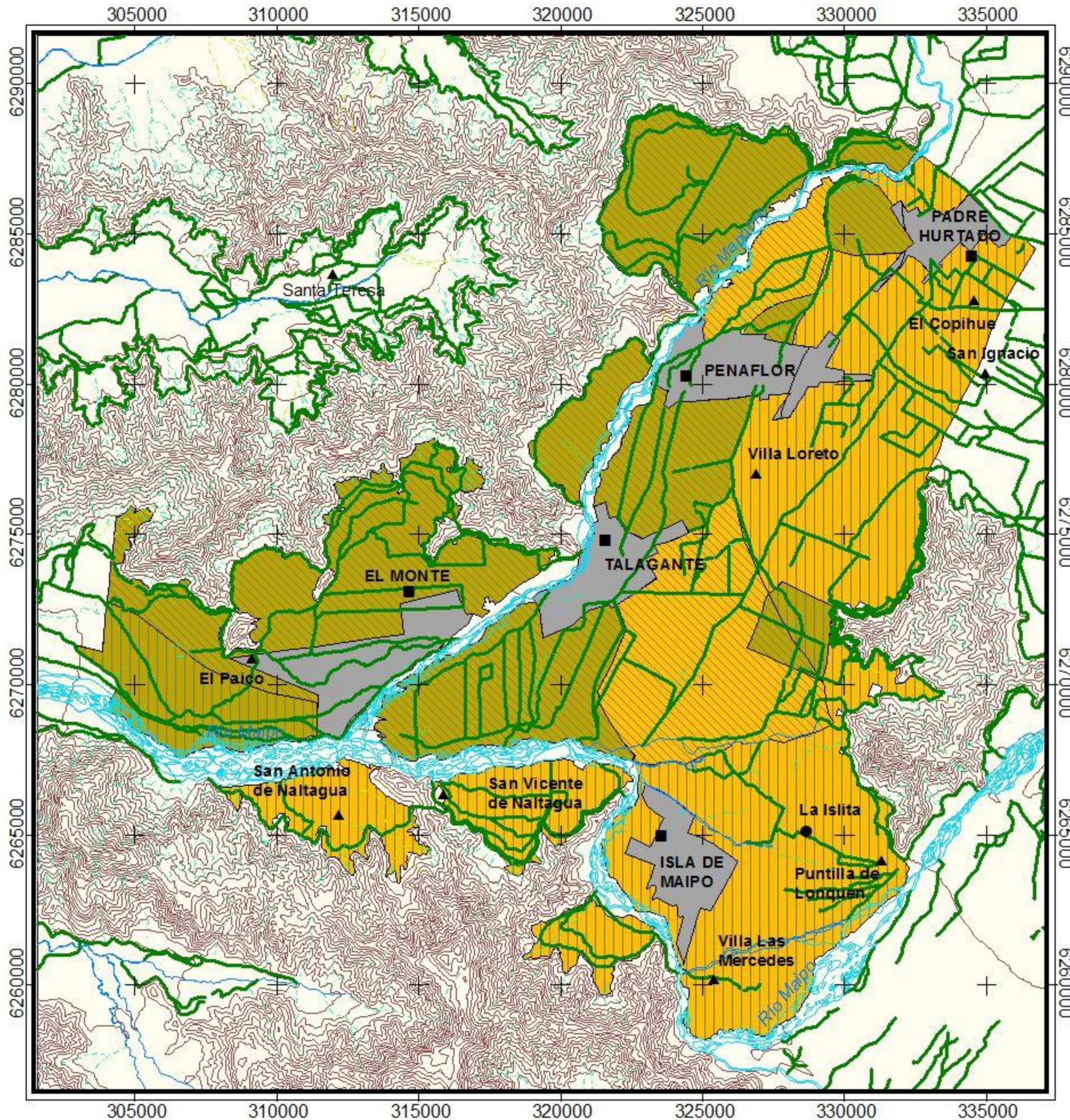


**FUENTES CARTOGRÁFICAS**

AGUAS ANDINAS. (2005). Planos territoriales, operacionales de aguas servidas.







GOBIERNO REGIONAL, REGION METROPOLITANA  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital, facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana

MOP. 2000. Modelo de simulación hidrológico operacional cuenca de los ríos Maipo-Mapocho. Informe realizado por Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.





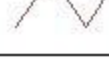


**MAPA N° 35**  
**PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE**  
**AGUAS SUBTERRÁNEAS DEBIDO A LA**  
**ACTIVIDAD AGRÍCOLA EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000





**SIMBOLOGÍA**

SIMBOLO	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
	Alta	Media - alta	Alto
	Alta	Baja	Moderado
<b>CARACTERÍSTICA DE LA ZONA</b>			
Zona de cultivos anuales (cereales, chacras, hortalizas, forraje) con riego gravitacional y calidad del agua de riego mala a muy mala			
SIMBOLO	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
	Alta	Media - alta	Alto
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA</b>			
Zona de cultivo de viñas y parronales, con riego gravitacional y calidad del agua de riego mala a muy mala			
SIMBOLO	CARGA	VULNERABILIDAD	PELIGRO
	Alta	Media - alta	Alto
	Alta	Baja	Moderado
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA</b>			
Zona de cultivo de frutales, con riego gravitacional y calidad del agua de riego mala a muy mala			
	Zonas con usos de suelo no agrícolas		

**HIDROGRAFÍA**

-  Río
-  Estero
-  Quebrada Permanente
-  Quebrada Intermitente
-  Curvas de nivel

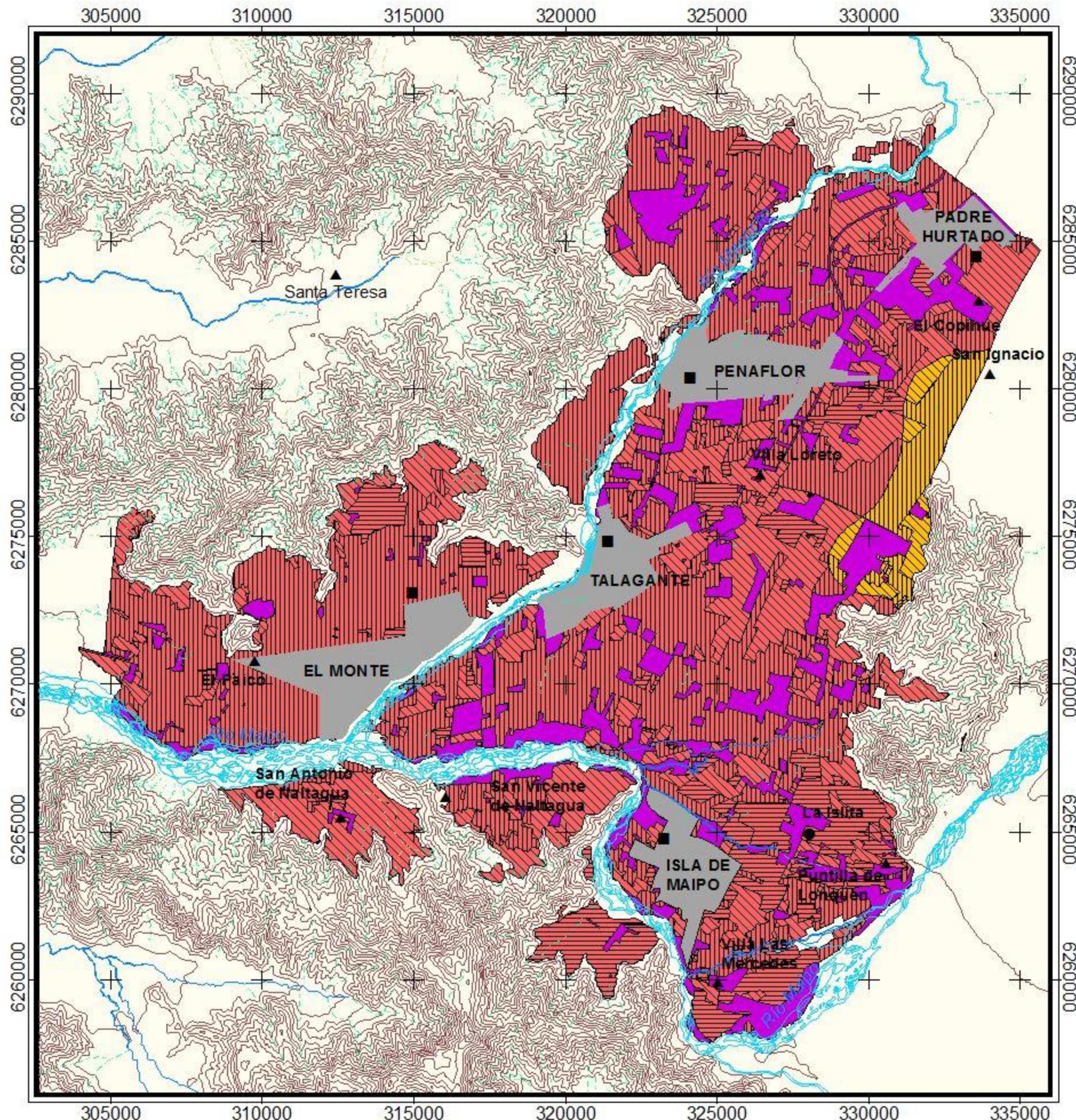
**ASENTAMIENTOS**

-  Ciudad
-  Pueblo
-  Aldea
-  Zona urbana

**FUENTES CARTOGRÁFICAS**


INE. 1997. Resultados preliminares VI censo nacional agropecuario.

GOBIERNO REGIONAL, REGIÓN METROPOLITANA.  
 PROYECTO OTAS. Información cartográfica en formato digital,  
 facilitada por la COREMA de la Región Metropolitana



**MAPA N° 36**  
**ZONAS DE PELIGRO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN**  
**PARA LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PROVINCIA**  
**DE TALAGANTE**  
 Escala 1:210000

**SIMBOLOGÍA**

 Zonas con tres o más actividades con un nivel de generación de peligro potencial alto por km<sup>2</sup>

ZONA A : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuros y benceno, debido a la presencia de estaciones de servicios y consumos propios.


ZONA B : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuros y benceno, debido a la presencia de estaciones de servicios y consumos propios.


ZONA C : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación, por carga salina, orgánica, hidrocarburos, fenoles, cianuros y bencenos, debido a la presencia de estaciones de servicios, consumos propios e industria generadora de riles


ZONA D : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por carga orgánica, nutrientes, hidrocarburos, fenoles, cianuros y bencenos, debido a la presencia de estaciones de servicios, consumos propios e industria generadora de riles.

ZONA E : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuros y benceno, debido a la presencia de estaciones de servicios y consumos propios.





ZONA F : Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por hidrocarburos aromáticos, fenoles, cianuros y benceno, debido a la presencia de estaciones de servicios y consumos propios.

 Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por patógenos fecales, componentes nitrogenados y microbiológicos debido a la actividad agrícola y al saneamiento sin cobertura de alcantarillado




 Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por patógenos fecales y componentes microbiológicos debido a al saneamiento sin cobertura de alcantarillado


 Zona con un nivel de peligro potencial alto de contaminación por cloruros y componentes nitrogenados debido a la actividad agrícola

**HIDROGRAFÍA**




 Río  
 Estero  
 Quebrada Permanente  
 Quebrada Intermitente

**VULNERABILIDAD**


 Alta  
 Media  
 Baja

 n° Profundidad de las aguas (mt)

**ASENTAMIENTOS**

 Ciudad  
 Pueblo  
 Aldea

 Zona urbana

 Curvas de nivel

