



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Departamento de Riego y Drenaje



“ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL RIO CHILLAN MEDIANTE UN MODELO SIG”

*Memoria de título presentada a la
Facultad de Ingeniería Agrícola de la
Universidad de Concepción para optar
al título de INGENIERO CIVIL
AGRICOLA.*

Ana Elizabeth Cortés Mondaca

CHILLAN - CHILE

2001

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
Departamento de Riego y Drenaje

Profesores Asesores:

José Luis Arumí
Ingeniero Civil. Ph. D.

Luis Salgado
Ingeniero Agrónomo. Ph. D.

Marco Sandoval
Ingeniero Agrónomo. M. Sc.

**“ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS
SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL RIO CHILLAN
MEDIANTE UN MODELO SIG”**

Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Agrícola.

Chillán, Septiembre 2001

Ana Elizabeth Cortés Mondaca

“ANALISIS DE VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DE LA CUENCA DEL RIO CHILLAN MEDIANTE UN MODELO SIG”

Profesor Asesor responsable

José Luis Arumí R
Ingeniero Civil.
Ph.D. Ingeniería

Decano de la Facultad

Fernando Reyes A
Ingeniero Civil Metalúrgico
Ph.D.(c) Cs. de la Ing. Agrícola

Director de departamento
de Riego y Drenaje

Luis Salgado S
Ingeniero Agrónomo
Ph. D. en Ingeniería

*.....Dedicada al esfuerzo y
sacrificio de mi madre.....*

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que me apoyaron a lo largo de mi carrera, a los que creyeron en mí, a quienes estuvieron conmigo en los momentos más difíciles y a las personas que me brindaron la oportunidad de compartir una hermosa amistad durante estos años.

También debo agradecer al proyecto “Desarrollo de una metodología para la evaluación y mitigación de la contaminación de aguas y suelos: aplicación a la cuenca del Río Chillán” (proyecto EULA-SAG), realizado por el Centro Interuniversitario de Investigación Formación en Ciencias Ambientales Europa-Latinoamerica (EULA) de la Universidad de Concepción y el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de la VIII Región.

Agradecimientos al Programa de “Financiamiento de Tesis de Interés Regional” quien con su valioso aporte permitió realizar este estudio.

Un reconocimiento muy especial a mis profesores asesores por su buena disposición, colaboración y ayuda, que contribuyeron al feliz término de esta etapa.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	PAGINA
I RESUMEN	1
II INTRODUCCIÓN	2
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
III REVISION BIBLIOGRAFICA.....	5
3.1 Definiciones	5
3.2 Métodos para determinar la vulnerabilidad.....	6
3.2.1 Métodos de índice	6
3.2.2 Métodos estadísticos	7
3.2.3 Métodos de modelos matemáticos	7
3.3 Mapas de vulnerabilidad	7
3.4 Métodos de índice.....	8
3.4.1 Metodologías existentes	8
3.4.2 Validación	11
3.5 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	12
3.5.1 Aplicaciones	12
3.5.2 Predicciones	14
IV CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN.....	15
4.1 Antecedentes Generales.....	15
4.2 Hidrogeología	16
4.3 Suelos	18
V METODOLOGIA.....	21
5.1 Area de estudio	21

5.2	Variables a considerar.....	22
5.3	Recopilación de datos	23
5.4	Análisis de datos SIG	24
5.5	Variables consideradas	25
5.5.1	Variables consideradas para la vulnerabilidad natural del acuífero.....	25
5.5.2	Variables consideradas para el riesgo de contamina- ción del acuífero.....	26
5.6	Relación entre variables para el análisis en SIG.....	27
5.7	Análisis de sensibilidad.....	28
VI	RESULTADOS Y VALIDACION.....	29
6.1	Resultados	29
6.1.1	Cartas temáticas.....	29
6.1.2	Creación de índices.....	40
6.2	Validación del modelo.....	44
6.2.1	Descripción de la situación	44
6.2.2	Resultados del procedimiento	45
6.2.3	Bondad de ajuste	47
VII	CONCLUSIONES	48
VIII	SUMMARY.....	49
IX	BIBLIOGRAFIA.....	50
X	ANEXO.....	54

INDICE DE TABLAS

TABLA		PAGINA
	<u>En el texto:</u>	
1	Ponderación de cada variable de acuerdo a su importancia relativa.....	29
2	Profundidad al nivel freático	30
3	Profundidad del suelo.....	31
4	Conductividad hidráulica.....	32
5	Textura del suelo.....	33
6	Pendiente del suelo.....	34
7	Velocidad de infiltración básica	35
8	Tipo de acuífero.....	36
9	Recargas por lluvia.....	37
10	Recargas por cercanías a un canal.....	38
11	Recargas por cercanías a un río.....	39
12	Uso de suelo.....	40
13	Categorías de índices.....	40
14	Datos considerados.....	45
15	Resultados de índice potencial estimado.....	45
16	Análisis de varianza.....	47
16	Resultados del ajuste lineal.....	47

INDICE DE FIGURAS

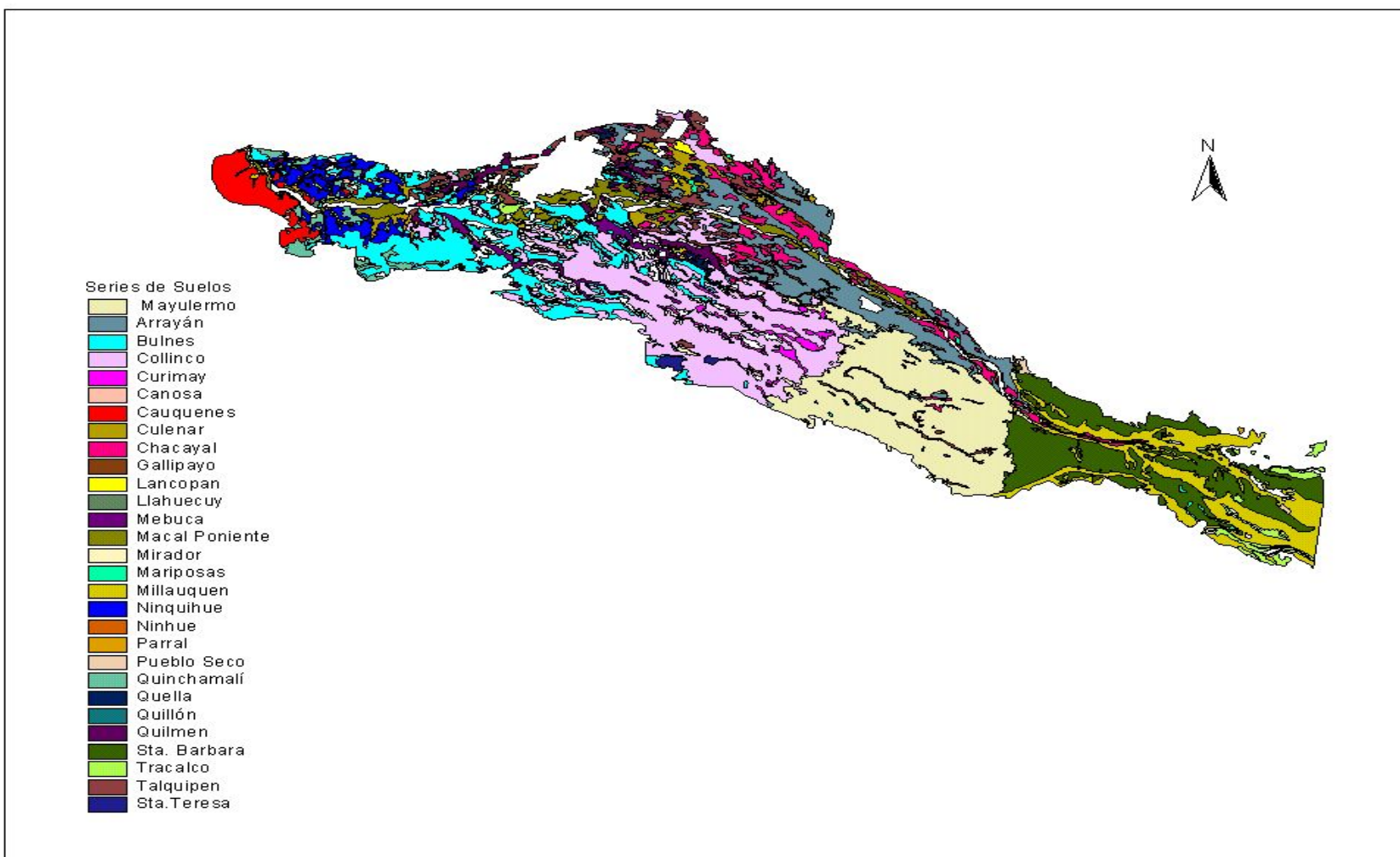
FIGURA	PAGINA
<u>En el texto:</u>	
1 Mapa de ubicación de la cuenca del río Chillán dentro de la Octava Región.....	15
2 Geología general de la cuenca del río Chillán (PROITATA 1992).....	17
3 Mapa de agrupaciones de series de suelos en la cuenca del río Chillán (Proyecto EULA-SAG).....	20
4 Desarrollo de una metodología para el análisis de vulnerabilidad.....	21
5 Area de estudio.....	22
6 Variables que afectan a la recarga de contaminantes al agua subterránea.....	23
7 Esquematización de la creación del índice de vulnerabilidad mediante cartas temáticas.....	24
8 Esquema representativo del índice de vulnerabilidad.....	27
9 Profundidad al nivel freático de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	30
10 Profundidad del suelo de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	31
11 Conductividad hidráulica de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	32
12 Textura del suelo de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	33
13 Pendiente del suelo de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	34

14	Velocidad de infiltración básica de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	35
15	Tipo de acuífero de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	36
16	Recargas por lluvia de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	37
17	Recargas por cercanías a un canal de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	38
18	Recargas por cercanías a un río de la cuenca del río Chillán con su respectivo valor y rango.....	39
19	Mapa de índice de vulnerabilidad.....	41
20	Mapa de índice de riesgo.....	42
21	Mapa final de índice potencial de contaminación.....	43
22	Mapa de muestras tomadas de concentración de nitrato en agua.....	44
23	Gráfico de ajuste lineal de concentración de nitratos v/s índice potencial de contaminación.....	46

En el Apéndice:

A	Mapa de series de suelos de la parte baja de la cuenca del río Chillán (Proyecto EULA-SAG).....	54
---	--	----

X. ANEXO



ANEXO A. MAPA DE SERIES DE SUELO DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÁN (PROYECTO EULA-SAG).