

**El Colegio de la Frontera Norte  
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada**

**Maestría en Administración Integral del Ambiente  
PROMOCION 1994-1996**

***Riesgo de Contaminación del Acuífero de la Planicie Costera del  
Valle de Maneadero, Mpio de Ensenada, B.C.***

**Tesis que presenta para obtener el grado de:  
Maestro en Administración Integral del Ambiente**

**Presenta  
Gustavo Córdova Bojórquez**

**Comité de evaluación:**

**Director de tesis: Dr. Jaime Herrera B.(U.Complutense, Madrid,1992)**

**Primer lector: M.C. Sergio Hernández Z. (El Colegio de Sonora, 1991)**

**Segundo lector: M.I. Rodrigo Gonzalez E.(ITSON, 1991)**

**Tijuana, B.C. 23 agosto de 1996**

*A Fernanda y Luis Gustavo*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a El Colegio de la Frontera Norte (en especial al Departamento de Ambiente y Estudios Urbanos) y al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada el apoyo brindado para la realización de este trabajo. Así como a las siguientes instituciones gubernamentales : Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural de la Oficina de Ensenada, Comisión Nacional del Agua INIFAP-SAGAR, FIRCO, FIRA. Mi reconocimiento a las diferentes asociaciones de productores del Valle de Maneadero y a la Directiva del Comisariado Ejidal del Ejido Nacionalista Rafael Sánchez Taboada, por la valiosa información proporcionada.

Agradezco también al Dr. Jaime Herrera, M.I. Rodrigo González y al M. C. Sergio Hernández por sus excelentes comentarios que me ayudaron a enriquecer el trabajo.

En especial mi agradecimiento a Lourdes Romo por su apoyo incondicional y valiosa colaboración.

## RESUMEN

*Se presenta el riesgo de contaminación del acuífero del Valle de Maneadero, mpio. de Ensenada, B.C. La metodología desarrollada permitió establecer el grado de riesgo mediante la determinación de los índices de vulnerabilidad del acuífero y de la carga contaminante que se vierte en el Valle. La vulnerabilidad se obtiene por medio de dos parámetros principales: La profundidad al Nivel Estático y la Transmisividad Hidráulica. La carga contaminante se obtiene con base en cuatro criterios de cada una de las fuentes contaminantes: la clase de contaminante, la intensidad de la contaminación, el modo de disposición del contaminante y el tiempo de aplicación del contaminante. Los resultados muestran que la vulnerabilidad es alta en la mayor parte del acuífero y la carga contaminante es alta en la mayor parte del valle, ésta última es generada por un asentamiento humano, seis establos lecheros, dos basureros y la actividad agrícola la cual vierte grandes cantidades de agroquímicos. Al traslapar el mapa de vulnerabilidad y el de carga contaminante se obtiene el mapa de riesgo, el cual nos indica que el riesgo de contaminación del acuífero es alto. Finalmente se proponen los mecanismos de control de la carga contaminante y la gestión que se debe dar por parte de los actores gubernamentales y no gubernamentales para la protección del acuífero.*

# INDICE

Introducción.....	1
-------------------	---

## PARTE 1.

### DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO Y DE LA SITUACION POLITICO-ADMINISTRATIVA DEL AGUA SUBTERRANEA .

Capítulo 1. Descripción física y socio-económica del área de estudio.....	6
---	---

1.1. Situación Física.....	6
1.1.1. Localización.....	6
1.1.2. Clima.....	9
1.1.3. Hidrología.....	10
1.1.3.1. Hidrología superficial.....	10
1.1.3.2. Hidrología subterránea.....	12
1.1.4. Geología y litología.....	13
1.2. Situación Socio-económica.....	18
1.2.1. Agricultura.....	19
1.2.2. Ganadería.....	26
1.2.3. Población y vivienda (Servicios).....	26

Capítulo 2. Situación político-administrativo del agua subterránea.....	28
---	----

2.1. Marco general del agua en el país.....	28
2.1.1. Política Ecológica.....	28
2.1.2. Política Hidráulica.....	30
2.1.3. Marco Jurídico-Legal.....	33
2.1.4. Marco Institucional y Relaciones Intergubernamentales.....	37-40

## PARTE 2.

### Riesgo de contaminación del acuífero del Valle de Maneadero

Capítulo 3. Marco metodológico y conceptual.....	45
--	----

3.1. Alcance de la Metodología.....	45
3.2. Concepto fundamental del riesgo de contaminación.....	46
3.3. Estrategias para determinar el riesgo.....	51
3.4. Manejo de variables para determinación de riesgo.....	52
3.4.1. Índice de Vulnerabilidad.....	55
3.4.2. Índice de Carga Contaminante.....	57
3.5. Conceptos relacionados con vulnerabilidad.....	64
3.5.1. Zona no saturada.....	64
3.5.2. Nivel estático.....	67
3.5.3. Transmisividad Hidráulica.....	67
3.6. Conceptos relacionados con la carga contaminante.....	69
3.6.1. Aguas residuales de origen doméstico.....	69
3.6.2. Aguas residuales de origen ganadero.....	72
3.6.3. Lixiviados de basureros.....	73
3.6.4. Agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas).....	76
<b>Capítulo 4. Vulnerabilidad del acuífero del Valle de Maneadero.....</b>	<b>87</b>
4.1. Niveles estáticos.....	87
4.2. Transmisividad hidráulica.....	89
4.3. Índice de vulnerabilidad.....	98
<b>Capítulo 5. Carga Contaminante en el Valle de Maneadero .....</b>	<b>98</b>
5.1. Aguas residuales de origen domestico.....	98
5.1.1. Descripción genaral.....	98
5.1.2. Evaluación final de la carga.....	102
5.2. Aguas residuales de origen ganadero.....	105
5.2.1. Descripción general.....	105
5.2.2. Evaluación final.....	107
5.3. Lixiviados de basureros.....	110
5.3.1. Descripción general.....	110
5.3.2. Evaluación final.....	112
5.4. Uso de Agroquímicos.....	116
5.4.1. Descripción general.....	116
5.4.2. Evaluación final.....	129
5.5. Índice de carga contaminante.....	134

<b>Capítulo 6. Riesgo de contaminación.....</b>	<b>139</b>
6.1. Interacción de índices.....	139
6.2. Evaluación final del riesgo.....	140

### **PARTE 3.**

## **Alternativas Viables para la Protección del Acuífero**

<b>Capítulo 7. Propuestas Alternativas para la disminución del Riesgo de Contaminación.....</b>	<b>143</b>
7.1. Mecanismos de control de la carga contaminante.....	143
7.1.1. Control de las aguas residuales domésticas.....	143
7.1.2. Control de las aguas residuales de la ganadería.....	144
7.1.3. Control de los lixiviados de basura.....	146
7.1.4. Control de agroquímicos.....	146
7.2. Minimización del Riesgo de Contaminación.....	147
7.3. Gestion para la Protección del acuífero.....	152
<b>Conclusiones.....</b>	<b>160</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>164</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>174</b>

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Superficie sembrada de los principales cultivos en el período 1990-1995 en el Valle de Maneadero.....	22
Cuadro 2. Precio Medio Rural de los cultivos del V. Maneadero.....	23
Cuadro 3. Participación de Unidades de Gobierno y otros actores en la protección del agua subterránea en México.....	44
Cuadro 4. Matriz de interacción de dos parámetros.....	54
Cuadro 5. Valores de transmisividad estándar.....	68
Cuadro 6. Valores de Permeabilidad estándar.....	68
Cuadro 7. Categorías del peligro de contaminación por saneamiento.....	70
Cuadro 8. Principales componentes del agua residual doméstica.....	71
Cuadro 9. Características fisiológicas de los bovinos (desechos).....	72
Cuadro 10. Características de los residuos del ganado.....	73
Cuadro 11. Composición de los lixiviados de basureros.....	75
Cuadro 12. Característica de los principales fertilizantes agrícolas.....	78
Cuadro 13. Concentración de nitratos en el agua subterránea del Valle del Yaqui, Sonora.....	78
Cuadro 14. Persistencia realtiva de algunos herbicidas.....	81
Cuadro 15. Plaguicidas en pozos de agua potable en el Valle del Yaqui, Sonora.....	86
Cuadro 16. Parámetros indicadores de la calidad del agua residual de Ensenada, B.C.....	100
Cuadro 17. Carga contaminante del agua residual del poblado Rafael Sanchez Taboada (Maneadero).....	101

Cuadro 18. Evaluación por índices de la carga contaminante del agua residual doméstica V. Maneadero.....	104
cuadro 19. Cantidad de contaminación del agua residual de la ganadería en el V. de Maneadero.....	107
Cuadro 20. Evaluación por índices de la carga contaminante del agua residual de la ganadería en el V. de Maneadero.....	109
Cuadro 21. Evaluación por índices de los lixiviados de basura en el V. de Maneadero.....	115
Cuadro 22. Cantidad aplicada de fertilizante por cultivo en el V. de Maneadero.....	118
Cuadro 23. Cantidad aplicada de fertilizante en el período 1990-95, en el V. de Maneadero.....	120
Cuadro 24. Cantidad aplicada de plaguicida por cultivo en el V. de Maneadero.....	122
Cuadro 25. Cantidad aplicada de plaguicidas en el período 1990-95, en el V. de Maneadero.....	124
Cuadro 26. Listado de los plaguicidas usados en el V. de Maneadero.....	127
Cuadro 27. Plaguicidas exentos de los paquetes tecnológicos del INIFAP.....	128
Cuadro 28. Evaluación por índices de la carga contaminante de los fertilizantes.....	131
cuadro 29. Evaluación por índices de la carga contaminante de los plaguicidas.....	134
Cuadro 30. Evaluación final de la carga contaminante por índices en el V. de Maneadero.....	136
Cuadro 31. Matriz de interacción de índices para la evaluación final del riesgo.....	139
Cuadro 32. Modificación de la carga contaminante por mecanismos de control implementados.....	149
Cuadro 33. Participación de actores en el comité regional para la protección del acuífero.....	159

## Lista de mapas

Mapa 1. Macrolocalización del área de estudio.....	7
Mapa 2. Microlocalización del área de estudio.....	8
Mapa 3. Hidrología superficial.....	11
Mapa 4. Localización de pozos con corte litológico.....	14
Mapa 5. Profundidad promedio al nivel estático en el V. de Maneadero.....	88
Mapa 6. Profundidad promedio al nivel estático clasificado, en el V. de Maneadero.....	90
Mapa 7. Transmisividad del V. de Maneadero.....	91
Mapa 8. Transmisividad clasificada en el V. Maneadero.....	93
Mapa 9. Vulnerabilidad del acuífero (clasificada) del V. de Maneadero.....	95
Mapa 10. Localización de los establos lecheros en el V. de Maneadero.....	106
Mapa 11. Localización de basureros en el Valle.....	111
Mapa 12. Area de cultivo en el V. Maneadero.....	117
Mapa 13. Carga Contaminante (clasificada) del V. de Maneadero.....	138
Mapa 14. Riesgo de Contaminación del Acuífero del V. de Maneadero.....	141
Mapa 15. Riesgo de Contaminación minimizado.....	151

## Lista de figuras

Figura 1. Precipitación pluvial anual.....	9
Figura 2. precipitación pluvial mensual.....	10
Figura 3. Cortes litológicos de pozos en el Valle.....	16
Figura 4. Cortes litológicos de pozos en el valle.....	17
Figura 5. Esquema conceptual para la determinación de riesgo de contaminación del acuífero.....	47
Figura 6. Tiempo recorrido de contaminantes en la zona no saturada.....	49
Figura 7. Componentes de la vulnerabilidad.....	50
Figura 8. Esquema conceptual para el traslape de mapas clasificados.....	53
Figura 9. Esquema conceptual para determinar la vulnerabilidad.....	56
Figura 10. Clase de contaminantes.....	58
Figura 11. Intensidad de la contaminación.....	58
Figura 12. Modo de disposición de contaminantes.....	61
Figura 13. Tiempo de aplicación de cargas contaminantes.....	62
Figura 14. Esquema conceptual para la determinación del Índice de Riesgo.....	63
Figura 15 Índice de carga contaminante por tipo de contaminante en el V. de Maneadero.....	137
Figura 16. Modificación de los índices de carga contaminante.....	150
Figura 17. Organigrama del CORPAM.....	158

## Introducción.

En el contexto político mundial han ocurrido en los últimos tiempos grandes cambios respecto a la noción que se tiene sobre la problemática ambiental, derivado de la estrecha relación que guarda con la cuestión de desarrollo.

Esta relación se establece a partir del informe denominado "nuestro futuro común", donde surge el concepto de desarrollo sostenible, que marca la pauta a seguir acerca del establecimiento de un modelo de desarrollo sostenible o sustentable a escala mundial. Este es un modelo de crecimiento que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras (C.M.M.A.D. 1987). Por lo que al hablar en México acerca de una política de carácter ambiental, se habla de una política dentro del modelo de desarrollo sustentable, como lo demuestra el Plan Nacional de Desarrollo, 1995-2000 y el Plan Hidráulico, 1995-2000.

En este modelo, la sustentabilidad del recurso agua está determinada no sólo por la cantidad disponible, sino también

por su calidad, implicando esto que se mantenga en los parámetros que permitan su aprovechamiento para diferentes usos.

La contaminación de las aguas en el país es un problema de carácter nacional, debido a la utilización generalizada de los cuerpos de agua como recipientes de toda clase de desechos y aunado a que México cuenta con recursos hídricos relativamente escasos y mal distribuidos, con sus casi 320 cuencas hidrológicas contaminadas, 20 de ellas presentan graves problemas de contaminación que afecta al 75% de la población, ya que concentra el 80% de las aguas residuales procedentes de las diferentes actividades humanas, son entre otros, la sedimentación, la salinización de acuíferos y la contaminación de suelos que eventualmente afectan a las aguas subterráneas (Guzmán, 1995).

Se define como agua subterránea al agua subsuperficial que aparece justo bajo el nivel freático (distancia de la parte saturada del subsuelo con respecto a la superficie) en suelos y en formaciones geológicas completamente saturadas.

Las fuentes de contaminación de los acuíferos son diversas. Varían desde un simple ión inorgánico como el nitrato y el cloro, hasta compuestos sintéticos como algunos plaguicidas (Southwich, 1985). Incluye también la acumulación de aguas negras y residuales, redes de alcantarillado defectuosas, fosas sépticas, almacenes de productos químicos y derivados del petróleo, campos agrícolas abonados intensamente con fertilizantes y plaguicidas, entre otras fuentes (Mijailov, 1985). Arizabalo y Díaz (1991) así como Foster e Hirata (1988) coinciden en señalar que el cultivo y el manejo agrícola es una de las actividades que mayor influencia ejerce en la calidad del agua del subsuelo.

El Valle de Maneadero es una de las zonas agrícolas más importantes de Baja California. La actividad se desarrolla en una superficie de 6,900 hectáreas en donde se cosecha hortaliza, aceituna y forrajes<sup>1</sup>. El uso de agua subterránea para el riego y como agua de uso doméstico para la comunidad de Maneadero y para la ciudad de Ensenada se ha vuelto crítica debido a la disminución de la calidad del agua del acuífero<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, 1996. Distrito No2. Ensenada, B.C.

<sup>2</sup> H. Ayuntamiento de Ensenada. Plan Municipal de Desarrollo, 1992-1995.

✓ Por una parte está la intrusión de agua de mar al acuífero, que amenaza con extenderse hacia el interior del Valle, esto debido principalmente a la sobreexplotación por medio de extracciones que superan la recarga. Por otro lado está el riesgo de contaminación por los desechos que vierten tanto la actividad productiva, en este caso la agricultura y la ganadería, como la comunidad de Maneadero la cual vierte sus aguas residuales sin ningún tratamiento previo<sup>3</sup>. ✓

Es así que el objetivo de este trabajo consiste en determinar el riesgo de contaminación del acuífero del Valle de Maneadero, así como el de avanzar en la proposición de alternativas viables que ayuden a proteger el acuífero en caso de presentar riesgo de contaminación.

El riesgo que aquí se plantea se concibe como una evaluación sistemática del efecto potencial que el acuífero puede tener debido al traslape de dos variables claves: La vulnerabilidad y la carga contaminante.

---

<sup>3</sup> Comisión Nacional del Agua. 1996. oficina de Ensenada, Información proporcionada por el Ocean. Carlos Gómez Areas. Director Técnico.

La vulnerabilidad de un acuífero se utiliza para representar las características naturales intrínsecas que determinan la sensibilidad de una parte del acuífero a ser afectado por una carga contaminante (Foster et al, 1987).

Por su parte, la carga contaminante es la cantidad de materiales y sustancias producidas por la actividad productiva y humana en la superficie (agricultura, ganadería, industria y asentamientos humanos) que pueden penetrar al acuífero.

En forma general el trabajo está dividido en tres partes, en la primer parte (contextual) se describe en forma general la situación física y socioeconómica que presenta el área de estudio así como la situación político-administrativo del agua subterránea; En la segunda se determina el riesgo de contaminación del acuífero, haciendo una modificación a la metodología propuesta por Foster e Hirata (1991), para efecto de adaptar las condiciones particulares al área de estudio y; en la tercera parte se dan algunas alternativas viables para la protección del acuífero de la planicie costera del Valle de Maneadero.

## **PARTE 1.**

# **DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO Y SITUACION POLITICO-ADMINISTRATIVO DEL AGUA SUBTERÁNEA.**

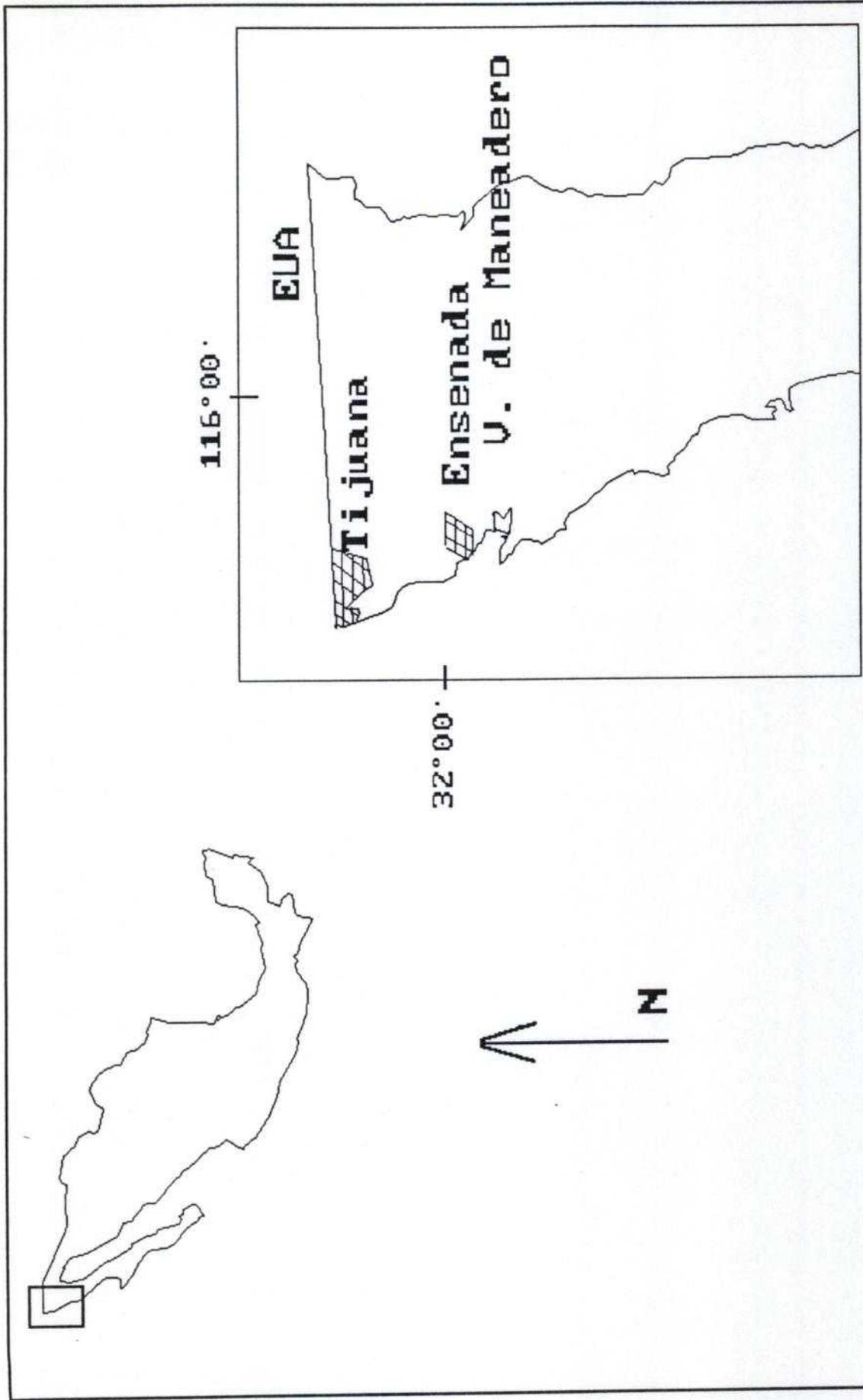
### **Capítulo 1. Situación del área de estudio**

#### **1.1. Situación Física.**

##### **1.1.1. Localización.**

El Valle de Maneadero pertenece al Municipio de Ensenada y se localiza en la vertiente del Pacífico, hacia el flanco oeste del poblado Rodolfo Sanchez Taboada (Maneadero). Está ubicado dentro del cuadrángulo que forman las siguientes coordenadas geográficas: meridianos  $116^{\circ}30'00''$  y  $116^{\circ}40'00''$  de longitud oeste y paralelos  $31^{\circ}41'00''$  y  $31^{\circ}51'00''$  de latitud norte (Mapas 1 y 2).

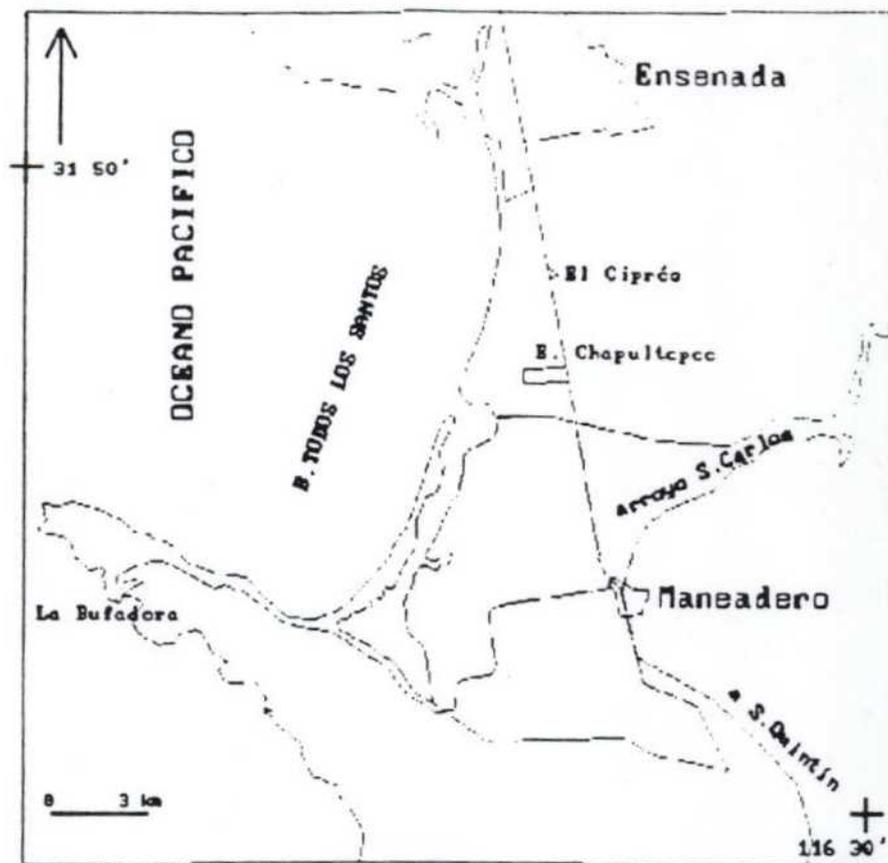
La planicie costera tiene una superficie de  $33 \text{ km}^2$ , delimitada al norte por la Planicie Costera de la Bahía de Todos los Santos; al sur por la Falla de Agua Blanca; al este por la "Sierra Tres Hermanos" y al oeste por el Estero Punta Banda.



Mapa 1. Macrolocalización del área de estudio.

Riesgo de contaminación del acuífero del Valle de Maneadero.

El COLEF-CICESE. Gustavo Córdova Bojórquez



Mapa 2. Microlocalización del área de estudio.  
 Riesgo de contaminación del acuífero del Valle de Maneadero  
 El COLEF-CICESE. Gustavo Córdoba Bojórquez

### 1.1.2. Clima

La región está considerada como de clima seco y templado, con temperaturas que oscilan entre los 12.2°C y los 14.9°C en otoño-invierno y de 15°C a 24.6°C en primavera y verano. La precipitación pluvial media anual ha sido de 260 mm para los últimos 20 años, presentandose las mayores precipitaciones en invierno (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Precipitación anual 1978-1993, estación climatológica de Maneadero, B.C. (Sarmiento, 1996)



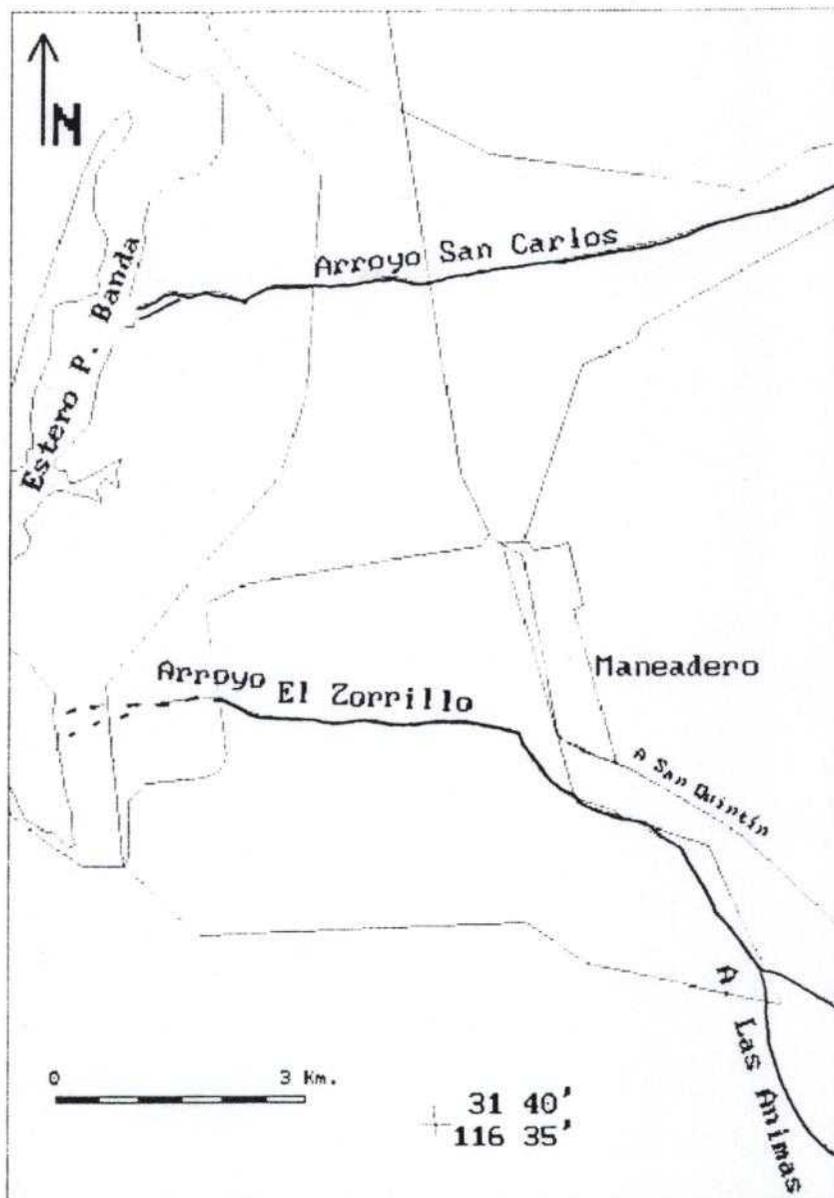
Figura 2. Precipitación media mensual, estación climatológica Maneadero, B.C. (Sarmiento, 1996).



### 1.1.3. Hidrología

#### 1.1.3.1. Hidrología superficial.

La hidrología superficial se rige por dos arroyos: San Carlos localizado en la parte norte del Valle de Maneadero y las Animas localizado en la parte sur del mismo (Mapa 3). Estos arroyos son intermitentes y sólo aportan agua al acuífero en época de lluvias. El área drenada es de 865 km<sup>2</sup> con un escurrimiento virgen de 10.34 y 22.96 Millones de m<sup>3</sup> (C.N.A., 1995).



Mapa 3. Hidrología superficial del Valle de Maneadero  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdova, 1996.

### 1.1.3.2. Hidrología subterránea .

En el acuífero del Valle de Maneadero los materiales que forman el perfil estratigráfico son: grava, arena y arcilla, El depósito es granular de origen aluvial y parte de un extenso relleno costero, su comportamiento hidrológico lo establece como de tipo libre, ya que no se observan capas geológicas confinadas (Sarmiento, 1996).

Los aprovechamientos en el valle incluyen 310 pozos, 9 manantiales y 123 norias. La extracción anual es de 30.6 Mm<sup>3</sup>, (Mares, 1996), volumen superior a la recarga calculada en 19 Mm<sup>3</sup>. (CNA, 1991 e INEGI, 1995)). El balance indica una marcada sobreexplotación para el uso agropecuario, seguido del doméstico. El sector agropecuario demanda una cantidad aproximada de 23.6 Mm<sup>3</sup>, mientras que el sector doméstico 6.94 Mm<sup>3</sup>, es decir un caudal de 220 l/s dirigido principalmente para la ciudad de Ensenada (S.A.H.O.P.E.; COSAE y GOB. EDO, 1994).

#### 1.1.4. Geología y litología de la zona no saturada

La geología general de la Península de Baja California está definida por un gran evento orogénico ocurrido durante el Mesozoico (Jurásico Tardío-Cretácico), que consistió en el emplazamiento de rocas batolíticas asociadas a un arco volcánico (Gastil et al, 1975).

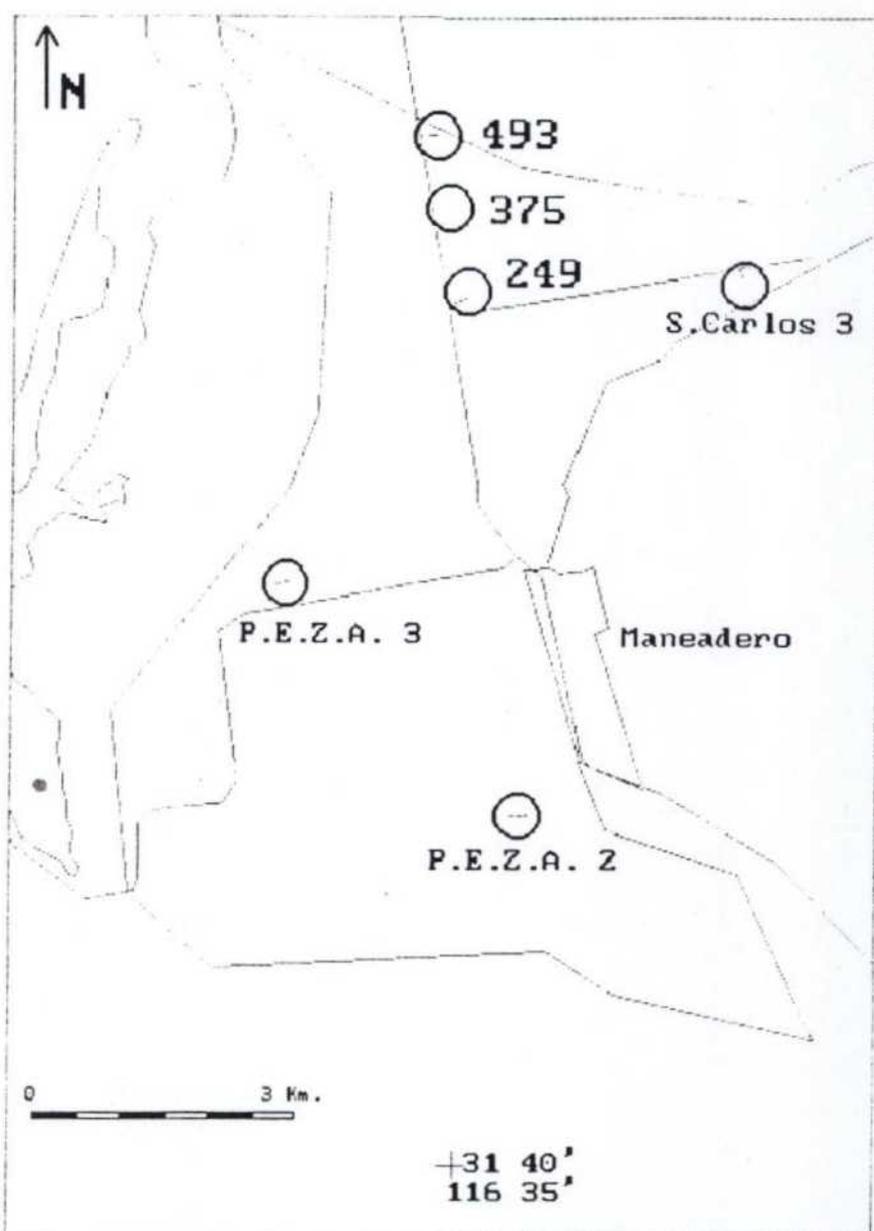
La litología de la planicie costera del Valle de Maneadero consiste en elementos granulares propios de un sistema aluvial predominando como facies de canal las gravas y como facies de banco las arenas y las arcillas (Herrera, et al 1996).

En la vertical se puede describir la litología de la zona no saturada de acuerdo a seis cortes litológicos tomados de los estudios recientes hechos por Sarmiento *op cit* y Herrera *op cit*. Estos pozos son: P.E.Z.A. 2; P.E.Z.A. 3; San Carlos 3; 249, 275 y 493<sup>4</sup> (Mapa 4).

Pozo P.E.Z.A. 2. En este pozo se tiene una profundidad promedio al nivel estático de 17 metros (m) de espesor

---

<sup>4</sup> P.E.Z.A. = Pozo Exploratorio en Zonas Áridas, Comisión Nacional del Agua



Mapa 4. Pozos con corte litológico (Sarmiento, 1996)  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdova, 1996.

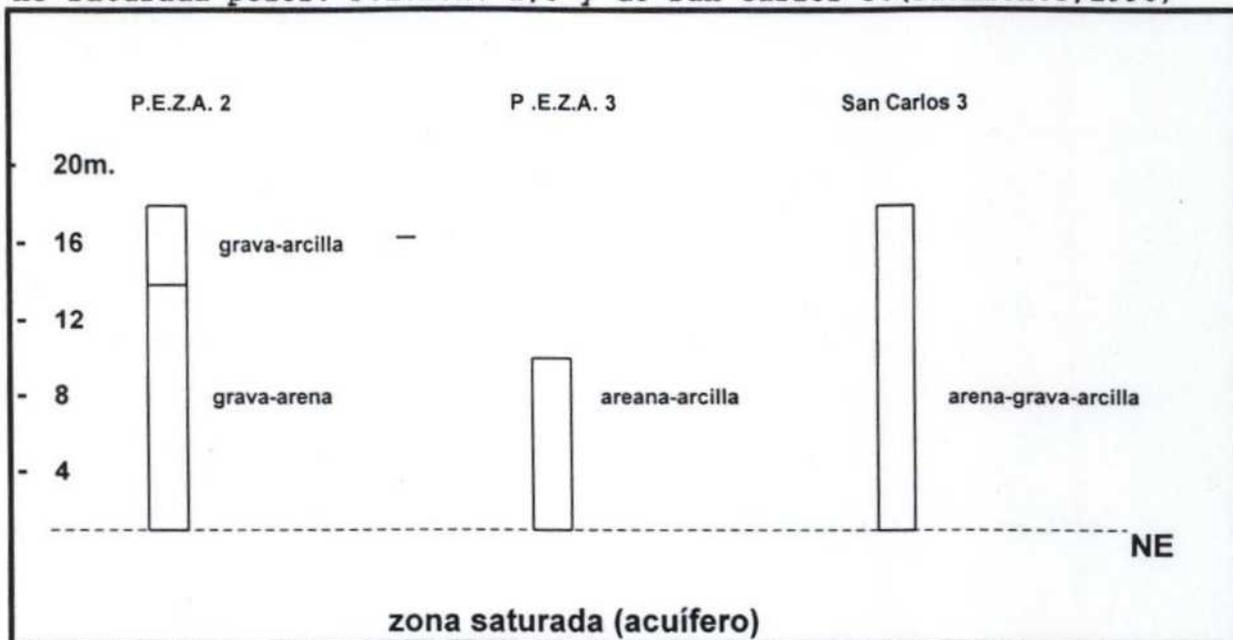
promedio de la llamada zona no saturada, en la cual existe una primera capa de tres metros de grava y arcilla, le sigue una capa de 14 m de arena y grava (Figura 3).

Pozo P.E.Z.A. 3. En este pozo se tiene una profundidad promedio al nivel estático de 9 m de espesor de la zona no saturada, en la cual existe solamente una capa de arena y arcilla (Figura 3).

Pozo San Carlos 3. En este pozo se tiene una profundidad promedio al nivel estático de 17 m, la cual presenta una sola capa con intercalaciones de arena, grava y arcilla (Figura 3).

Pozo 249. En este pozo se tiene una profundidad promedio al nivel estático de 13 metros, la cual presenta tres capas de materiales diferentes. La primer capa es de dos metros en donde existe principalmente arena y arcilla, la segunda capa de 8.2 m presenta intercalaciones de arena, grava y arcilla y la tercer capa de 3 m donde predominan la arena y la arcilla (Figura 4).

Figura 3. Esquema conceptual de los cortes litológicos de la zona no saturada pozos: P.E.Z.A. 2,3 y de San Carlos 3. (Sarmiento,1996)



NE=nivel estático

Pozo 275. En este pozo se tiene una profundidad promedio de 13 metros al nivel estático, la cual presenta dos capas con diferentes materiales. La primera capa de 8 m está constituida solamente por arena, la segunda capa de 5 m la componen arena, grava y arcilla (Figura 4).

Pozo 493. Este pozo tiene una profundidad al nivel estático de 13 m con dos capas de materiales diferentes. La primera

capa de 4 m la compone solamente arena, y la segunda capa de 9 m arena y grava (Figura 4).

Figura 4. Esquema conceptual de los cortes litológicos de la zona no saturada de los pozos 249, 275 y 493 (Sarmiento, 1996).



NE= nivel estático

Como se ha podido observar, los materiales que predominan en el valle son arena y grava y en menor proporción la arcilla, esta última siempre asociada a los primeros materiales.

Notese que en los pozos P.E.Z.A. 2, San carlos 3, 249, 275 y 493 se encuentran materiales gruesos en la superficie como lo son la grava y la arena, ya que estos pozos se encuentran

localizados en los cauces de los arroyos las Animas y San Carlos. Por su parte el pozo P.E.Z.A. 3, localizado en la parte central del Valle contiene en su capa superficial no saturada (9 m) arcilla y arena.

De acuerdo con cortes litológicos de 11 pozos (Sarmiento op cit) y mediciones geofísicas (Herrera, op cit) -Dipolo-Dipolo, VLF, EM-34- no se ha detectado el basamento geológico, el cual conforme a la geología del área, éste debe estar conformado por litología de la formación Rosario, la cual son rocas con granulometría que varía desde conglomerados hasta lutitas, con predominancia de limonitas. Conforme a gravimetría el basamento geológico podría estar en los 500 metros de profundidad (Cruz Falcón, 1986).

## **1.2. Situación Socioeconómica.**

En este apartado analizaremos brevemente cada una de las actividades productivas del Valle de Maneadero, haciendo especial énfasis en la agricultura por ser ésta la actividad principal.

### 1.2.1. Agricultura.

Antes de entrar a dar cifras y datos precisos sobre esta actividad en el Valle, conviene analizar el proceso de consolidación en la región.

Tres son las características de la agricultura en Baja California (Garduño, *et al* 1989).

1) Desarrollo y Modernización, determinados por sus importantes extensiones de riego y su vecindad con los Estados Unidos.

2) La agroexportación, cuya alta rentabilidad deriva de la cercanía con el mercado internacional, debido a la estrecha vinculación con el mercado del suroeste de los Estados Unidos.

3) Su elevada demanda de fuerza de trabajo, satisfecha históricamente por flujos migratorios de diversa procedencia.

Después de la caída de la producción de algodón en los años sesenta y de los básicos en los setenta, se incrementó el cultivo de forrajes, y junto con estos aparecieron nuevos cultivos, en particular las hortalizas (Appendini, 1988).

La década de los ochenta fue muy importante para los horticultores, ya que sus productos pasaron a ser los segundos en importancia en el estado, después del algodón, por su participación en el valor de la producción, ya que la superficie que ocupa es porcentualmente reducida en relación a los otros cultivos, 4.3% en 1977 a 6.6% en 1981, el valor de la producción correspondió al 16.6% en el primer año y al 21.2% en el segundo (Garduño, *op cit*).

En la costa del Pacífico, principalmente en el Municipio de Ensenada, se registró un notable desarrollo y una creciente elevación de la producción de hortalizas. De 1977 a 1985 el incremento de la superficie hortícola de riego tuvo una tasa de crecimiento de 15.4%<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> SAGAR. 1996. Distrito de Riego Número 14. Subjefatura de Distrito de Operación y Desarrollo. Ensenada B.C.

En el Valle de Maneadero la producción agrícola en los últimos cinco años ha tenido cambios importantes, predominando las hortalizas. Los cultivos más importantes en cuanto a la superficie sembrada son: tomate, calabacita, cilantro, cebollín, chicharo, lechuga; forrajes como la alfalfa y rye grass; perennes como el olivo y la nuez (cuadro 1). En el cuadro 2 se expone el valor de la producción para estos cultivos.

Por otra parte se tienen las visitas hechas a dependencias oficiales y a grupos de productores nos pudimos dar cuenta de que está sucediendo ~~un~~ cosas muy importantes en este valle. De los puntos que podemos comentar están: 1) El cambio en el patrón de cultivos, 2) la agricultura sustentable, 3) el incremento en la renta de la tierra, y 4) el empresario agrícola.

1) En cuanto al cambio en el patrón de cultivo se están reduciendo los cultivos perennes y se están incrementando los de hortalizas y legumbres. Este proceso se ha ~~hido~~ desarrollado lento, pero se espera que los productos de

**Cuadro 1. Superficie sembrada (Has) de los principales cultivos en el Valle de Maneadero durante 1990 a 1995.**

cultivos	90-	90-	91-	91-	92-	92-	93-	93-	94-	94-	95-	TOTAL
	90	91	91	92	92	93	93	94	95	95		
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	L
calabaza	92	131		146	113	105	62	62	43	26	9	899
brocoli	2			17				12	17	30	5	78
cebolla	48			31	54	25	75	7				264
cebollín	10	4		2	16		48	28	17	18	56	142
cilantro	73	48		92	49	15	76	88	60	76	35	612
espinaca	8			17		11	4	19	4	18		81
rábano								42	24	13	6	79
papa	160				318		34		49		31	837
pepino						20	11	17		9	5	57
jitomate-s	643				908		259	4	431	14	230	3155
jitomate-v	14			16	12	4	37	22	15	53	34	195
tomate- h				3	9		16		27		16	55
chile	27			1	75		34		75		33	242
lechuga	31	23		29	10		12	54	12	12	7	183
repollo	37	32				10	9	50	7	14	8	185
chicharo		26		78	62	105	52	130	47	53	54	553
ejote		10		4	1	14	16	13	11	16	7	83
flor		7		15	8	20	1	54	24	32	13	161
alcachofa										15	15	15
zanahoria									7	13	5	20
sandía							36		12		11	48
maiz	118		130		99		105	15	112			579
alfalfa		757		777		620				504		2658
rye grass				6			2	28	7			43
avena		75		49		27		27	4	7		189
cebada-f	45	147		443		92		116	2	106		951
cebada-g						92		4		15		111
Perennes												
olivo		465		465		425				420		1775
nogal		12								12		12
nopal										20		20
TOTAL*	1308	2348	ND	2191	1734	1585	889	792	1007	1467	580	

PV = ciclo primavera verano; OI = Otoño-invierno

\*de los principales cultivos solamente, faltan otros que por su baja superficie de siembra no se incluyen.

FUENTE: Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, SAGAR. Jefatura de Distrito, Ensenada, Promotoría de Maneadero.

Cuadro 2. Precio Medio Rural en miles de Nuevos Pesos por tonelada en el Valle de Maneadero.

cultivos	94-94	94-95	95-95
	PV	OI	PV
calabacita	1,009	471	978
brocoli	1,570	3,230	3,000
cebolla	800		
cebollín	2,942	2,000	1,669
cilantro	1,746	1,795	1,006
espinaca	1,500	2,000	
rábano	566	700	800
papa	2,758		1,700
pepino	138	1,586	1,363
jitomate-s	491	514	323
jitomate-v	3,500	3,180	750
tomate- h	1,000		1,500
chile	1,709		
lechuga	600	2,500	2,000
repollo	397		646
chicharo	2,400		3,124
ejote	2,374	3,230	4,000
flor	3,000	6,125	1,980
alcachofa		375	1,350
zanahoria	1,078	1,846	1,826
sandía	674		
apio	3,000	3,500	1,928
leek		2,300	950
kale		2,300	
rapini		3,000	
betabel		3,000	920
maíz			828
Forrajes			
alfalfa		80	
rye grass	100		
avena	100		
cebada-f	100		
cebada-g			
Perennes			
olivo		1,300	
nogal		566	
nopal		1,300	
vid		1,000	

PV = ciclo primavera verano; OI = Otoño-invierno

FUENTE: SAGAR. Jefatura de Distrito, Ensenada, Promotoría de Maneadero.

exportación altamente rentables como el tomate, pepino, chícharo, entre otros, predominen en esta región<sup>6</sup>.

Sobre la agricultura sustentable se está utilizando el término en casi todas las oficinas donde estuvimos. Instituciones como el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y la SAGAR lo definen como la manera de seguir teniendo la misma productividad, pero sin modificar el ambiente<sup>7</sup>.

Renta de la tierra. De los 216 miembros del ejido de Maneadero<sup>8</sup> cerca del 80% de ellos rentan la tierra a capitalistas extranjeros y del país. La razón, nos comenta Luis Mercado, Presidente del Comisariado Ejidal, es la cartera vencida en la mayoría de los miembros del ejido y al atractivo valor que pagan los arrendatarios por usarlas. Nos dice que el agricultor no tiene para pagar el crédito debido a la crisis reciente de 1994, ni tampoco ha entendido bien los nuevos sistemas de reestructuración de la deuda como el CIRECA y el ADE y opta por rentar la tierra en 1000 a 1500

---

<sup>6</sup> Entrevista con el Ing. Fernando Sanchez, Sub-jefe de distrito de la SAGAR en Ensenada, B.C.

<sup>7</sup> FIRCO. Oficina de Ensenada, B.C. Ing Melquiades Prado R. y SAGAR. Sub-Jefatura de Distrito. Ensenada.

<sup>8</sup> Ejido de Maneadero, fundado en 1937, cuenta con 6,900 has y 216 miembros con 20 has cada uno más las tierras de uso común.

dolares por hectárea por año, suma bastante buena si consideramos que renta las 20 hectáreas que le corresponden.

El empresario agrícola es una nueva forma de trabajar la tierra, donde no existen fronteras organizativas del productor, según lo define el Ing. Melquiades Prado Rojas<sup>9</sup>. Agrega que ahora el agricultor debe ser más responsable y comprometidos con la empresa, por ejemplo debe hacer sus propios proyectos y no sujetarse a proyectos hechos por instituciones como el FIRCO, el FIRA o el BANRURAL generalmente sujetos a política del centro. También se están dando las condiciones para que esto suceda, estamos en una etapa de transición de la agricultura, donde se aprecia un nuevo federalismo, por ejemplo antes el gobierno federal aportaba el 70% de la inversión en proyectos agrícolas y 30 el productor, ahora la política del gobierno federal es aportar sólo el 30% e invitar al gobierno del estado a poner un cierto porcentaje y al productor a invertir más en su proyecto.

---

<sup>9</sup> Ing. Melquiades Prado Rojas, de la Oficina del FIRCO en Ensenada, B.C.

### **1.2.2. Ganadería.**

La ganadería en el Valle de Maneadero esta conformada principalmente por seis establos lecheros. Uno de ellos, el más grande (Establo Santa Catalina), cuenta con un promedio de 650 cabezas de ganado vacuno dedicado a la producción de leche. El segundo establo cuenta con alrededor de 40 cabezas y los otros cuatro una media de 15 cabezas, haciendo un total de 750 cabezas en promedio (9.2 has/cabeza) para el Valle.

Estos establos aportan aproximadamente el 45% de la producción de leche que recibe la pasteurizadora "La Azuzena"<sup>10</sup>.

### **1.2.3. Población y vivienda**

La población del Valle de Maneadero en 1990 era de 11,060 habitantes, con un promedio de 4.3. ocupantes por vivienda (INEGI, 1990).

---

<sup>10</sup> Ing Zootecnista. Leonardo Casian, jefe técnico del Establo Santa Catalina, Maneadero, B.C.

Haciendo una proyección de población para 1996, tenemos una población actual de 14,026 habitantes (consultar Anexo A para detalles de la proyección).

Por otra parte la población de Maneadero cuenta con 16 escuelas: 1 preparatoria, 3 secundarias, 5 primarias, 1 telesecundaria y 6 de preescolar.

Los servicios públicos son proporcionados por la Delegación de Maneadero y el Ejido Nacionalista Rafael Sanchez Taboada. El primero ofrece los servicios de recolección de basura, seguridad y alumbrado público. Mientras que el segundo ofrece el suministro de agua por medio de la Junta de Agua Potable. No se cuenta con red de alcantarillado domiciliario, por lo que las viviendas resuelven el problema por medio de fosas sépticas y letrinas<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Sr. Jesus Jimenez, Presidente de la Junta de Mejoras de Maneadero.

## **Capítulo 2. Político-Administrativo del agua subterránea en México.**

### **2.1. Marco general del agua en el país**

#### **2.1.1. Política ecológica**

La política pública es una guía, un plan o conjunto de directrices intencionadas para influir sobre ciertas decisiones o actos en particular en el futuro (Mintzberg y Jorgensen, 1995). Para el caso de México, la política ambiental se formula y se aplica bajo el nombre de política general ecológica, definida así en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La Política General Ecológica responde a la necesidad de preservar, conservar y proteger las buenas condiciones del medio ambiente y los recursos naturales. Es así que el Estado por medio de las instituciones creadas para estos propósitos percibe las demandas de la sociedad sobre los problemas o situaciones de interés público, para formular de esta manera las políticas correspondientes, mediante la coordinación

entre los distintos niveles de gobierno y la concertación de la sociedad, mismos que son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas.

Al Instituto Nacional de Ecología (INE), como organismo de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), le corresponde formular y conducir la política general de ecología y son asuntos de interés de la federación la formulación de criterios ecológicos generales que deberán observarse en la aplicación de los instrumentos de la política ecológica. Así, la formulación de la política responde a las demandas de los sectores sociales de manera tal que es tomada en cuenta en la agenda del gobierno para analizar las propuestas a seguir y proponer las acciones dentro del marco legal constituido por las Leyes de la materia, proponiendo las modificaciones necesarias y la revisión y actualización constantes (Lindblom, 1991).

Como se ha expresado antes, al valerse el Estado de las instituciones como organismos mediadores, receptores de las denuncias, normadores, vigilantes y aplicadores de sanciones, legitima su influencia con una serie de normas y

procedimientos sobre los involucrados en la aplicación de la política (Pfeffer, 1993). En éste caso el sector productivo, representado principalmente por la industria, el comercio, la agricultura y la ganadería, y la comunidad del área o la región donde se implementará la política.

Es así como el sector productivo juega el papel de uno de los actores principales en la articulación de las políticas ambientales y es el foco de atención principal en la aplicación de éstas. En la observancia de la ley aplicada a los diferentes modalidades de mecanismos de atenuación de los impactos ambientales se contempla el grado de afectación que se ejerce sobre este sector.

### **2.1.2. Política Hidráulica**

La política hidráulica del país en el mediano plazo está inscrita en el **Programa Hidráulico 1995-2000**. Este programa se elaboró de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 y en cumplimiento de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, de la Ley de Planeación en sus artículos 14, 15, 16, 17, 19, 22-26 y 29, y del decreto

por el que se crea la Comisión Nacional del Agua (SEMARNAP, 1996).

Los puntos más importantes de acuerdo a nuestro interés se resúmen a continuación.

Dentro de los objetivos está el de avanzar en el saneamiento integral del las cuencas; contribuir al proceso de transición hacia el desarrollo sustentable mediante la racionalización de los precios del agua, con criterios económicos y ambientales; ampliar los canales de participación de la sociedad en la planeación y utilización del agua; e inducir patrones de utilización del agua más eficientes en el uso a fin de preservar la disponibilidad y la calidad futura del recurso.

Las acciones del Programa se inscriben en el reto de hacer compatible el crecimiento económico con la protección ambiental. Por ello la nueva política hidráulica va más allá de los aspectos estrictamente regulatorios, y se establece un proceso de promoción e inducción de inversiones, creación de

mercados y financiamiento con participación de toda la sociedad.

El programa menciona que se requiere complementar la inversión del Estado, con una amplia participación del sector privado en proyectos como agua potable, alcantarillado y saneamiento.

En el caso del saneamiento se dará de una manera integral en cuencas hidrológicas mediante acciones conjuntas de los sectores públicos y privados, con estímulos fiscales e incentivos económicos, bajo el principio de que el contamina paga y quien no cumpla la norma será sancionado.

Se reconoce que es preciso transformar las instituciones, ampliar y descentralizar los programas de trabajo para responder con mayor prontitud y eficacia a los requerimientos de la población y del medio ambiente. Este será apoyado mediante la formación de los concejos de cuenca en todo el país, que son foros de concertación entre los órdenes de gobierno y los usuarios organizados, para atender problemas relacionados con el agua.

En este mismo programa existen siete programas específicos, de los cuales cuatro de ellos contemplan en forma explícita la protección de la calidad del agua, estos son:

- El Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
- El Programa Hidroagrícola.
- El Programa de Uso del Agua en la Industria, Generación de Energía Eléctrica, Acuicultura y Pesca.
- El Programa de Tecnología y Capacitación.

### **2.1.3. Marco Constitucional y Ordenamientos jurídicos.**

La protección de las aguas está regulada por una pluralidad de ordenamientos jurídicos de diversos niveles jerárquicos, las disposiciones más importantes sobre la protección de las aguas subterráneas son: La Constitución Política, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley Federal de Derechos, la Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de

Infraestructura Hidráulica y leyes estatales en materia de agua potable y alcantarillados.

El régimen de dominio del sistema de protección jurídica de las aguas está regulado básicamente en la Constitución Política, dentro del párrafo quinto del artículo 27 constitucional, que señala que "la propiedad de las aguas que están dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir su dominio a los particulares, constituyendo la propiedad privada, atribuye también a la nación el dominio directo de las aguas que expresamente se enumeran para ese efecto" (Brañes, 1994).

Por su parte Urbano Farías (1993) comenta que el derecho de aguas es un derecho unitario, pero para su estudio se puede dividir en nacional o federal y en estatal-municipal, según el ámbito de competencia y de jurisdicción de sus normas. En el ámbito federal está principalmente la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, en los términos del artículo 27 constitucional; y en el ámbito estatal-municipal está en especial la regulación de

la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 115 constitucional.

El objeto de la **Ley de Aguas Nacionales** (LAN) de 1992, es regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad. Esto último establecido en el título séptimo, referente a la prevención y control de la contaminación de las aguas. Derivado de esta ley existe el reglamento de la misma, publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 12 de enero de 1994.

La **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** (LGEEPA) de 1988 contiene varias disposiciones en el capítulo II que se refieren a la prevención y control de la contaminación del agua. Las consideraciones principales son (art. 117) que la prevención y control de la contaminación del agua es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad (fracc. I); corresponde al Estado y a la sociedad prevenir la contaminación del agua (fracc. II); el aprovechamiento del agua en actividades productivas

susceptibles de producir la contaminación, conlleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas (fracc III); las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga a un cuerpo de agua (fracc. IV).

Por su parte la **Ley Federal sobre Metrología y Normalización** de 1992 da origen a la Comisión Nacional de Normalización, y ésta a su vez al Comité Consultivo Nacional Normalización para la Protección Ambiental (CCNPA) que tiene como función principal la aprobación de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ambiental.

La **Ley Federal de Derechos**, contempla en su capítulo XIV el cobro por uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales por parte de la Comisión Nacional del Agua. Este derecho utiliza el principio de "quien contamina paga". Principio manejado desde los años sesenta por la comunidad internacional (Turner y Pearce, 1994).

El objetivo final de este instrumento económico es inducir a los responsables de las descargas a construir los sistemas de tratamiento que sean necesarios para cumplir con la normatividad (Espino, 1991).

La Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica, vigente a partir de 1991, contempla y promueve la infraestructura necesaria para el desarrollo de una región y del país.

Por último, las leyes estatales han sido promulgadas de 1969 a 1994 en las 31 entidades federativas y en el D.F., sujetándose a la conveniencia de los gobiernos locales.

#### **2.1.4. Marco Institucional y Relaciones Intergubernamentales**

Anderson (1960) define a las relaciones intergubernamentales como un contingente de actividades o interacciones que tienen lugar entre unidades de gobierno de todo tipo y nivel territorial de actuación.

Estas relaciones trascienden las pautas de actuación gubernamental constitucionalmente reconocidas e incluyen una variedad amplia de relaciones entre el nivel nacional, estatal y local. Wright considera la participación del elemento humano como muy importante, ya que no existen relaciones entre gobiernos, únicamente se dan relaciones entre las personas que dirigen las distintas unidades de gobierno. Son estas personas las que tienen un continuo contacto e intercambio de información y puntos de vista, a la vez que pueden tomar decisiones (Wright, 1988).

Este último autor menciona que la gestión cotidiana de los problemas entre unidades de gobierno es un elemento de las relaciones intergubernamentales que está cobrando progresiva importancia. La gestión intergubernamental hace referencia a las relaciones y transacciones cotidianas entre los componentes de las distintas unidades del sistema de gobierno territorialmente complejos. El concepto hace incapié en los procesos dirigidos a la conservación de objetivos, ya que la gestión es un proceso en el cual diversos empleados públicos cooperan para encaminar acciones hacia las metas que se han propuesto.

La reciente Ley de Aguas Nacionales dispone que la autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al Ejecutivo Federal, quien la ejercerá directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua, creada por decreto en 1989 (artículo 4o). Esto es, no a través de la SEMARNAP de la que la Comisión es jurídicamente un organismo desconcentrado de acuerdo a las modificaciones de la Ley Organica de la Administración Pública Federal de diciembre de 1994.

Por su parte la SEMARNAP comparte la facultad de expedir las normas técnicas ecológicas, a través del Instituto Nacional de Ecología (INE) y de otras Secretarías de Estado que tienen importantes atribuciones en materia de agua.

En la Ley de Aguas Nacionales el Título Séptimo (Prevención y Control de la Contaminación de Aguas) es el que señala todo lo correspondiente a la prevención y control de la contaminación del agua. El propósito principal de este título es consolidar una sola autoridad en materia de calidad del agua, objetivo que en parte, se ha alcanzado con las

recientes reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, que redistribuyó las facultades en dicha materia entre la SEMARNAP, a la que le compete fijar las normas ecológicas, y la Comisión Nacional del Agua, a la que corresponde fijar las condiciones particulares de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean bienes nacionales, y vigilar, por lo que toca al agua, el debido cumplimiento de las leyes en materia ecológica.

Los restantes preceptos del Título Séptimo están destinados a regular las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas; así como en los casos **de infiltración en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos, cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.** La idea más general es que estas descargas requieren de permiso de la Comisión. En todo caso, corresponde a los municipios el control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de drenaje o alcantarillado. Esto es lo que dispone el artículo 88 de la Ley de Aguas Nacionales. Por otra parte, la Comisión puede ordenar la suspensión de las actividades que dan origen a las descargas

de aguas residuales, en los casos previstos en el artículo 92 de la ley e, incluso, puede revocar el permiso de descarga de dichas aguas en los casos señalados en el artículo 93. Además, la Comisión debe realizar la inspección o fiscalización de las descargas de aguas residuales para verificar el cumplimiento de la ley, haciendo constar sus resultados en actas circunstanciadas que pueden servir de base para la aplicación de las sanciones legales (artículo 95).

Hasta aquí se ha visto a los actores gubernamentales operando en un plano sencillo, tomando cada quien su papel de acuerdo a lo estipulado en la LAN, LGEEPA y LOAPF principalmente, pero esta actuación es de mucho intercambio entre las diferentes instituciones para llegar a un resultado.

→ Lo anterior destaca la importancia de conocer las relaciones intergubernamentales así como la gestión intergubernamental que se puede dar, ya que la complejidad de las relaciones entre las diferentes unidades de gobierno así lo demuestran.

En el caso particular de la contaminación de las aguas subterráneas, se guarda muy poca relación con las fronteras político-administrativas del municipio, entidad federativa o el país. Se manifiesta, en efecto, en bioregiones tales como las cuencas, las cuales pueden abarcar un gran territorio que incluya a varios municipios o estados, trasladándose el problema a un nivel federal y es aquí precisamente, donde la CNA juega un papel importante como un coordinador entre las diferentes unidades de gobierno y los usuarios del recurso localizados en una cuenca.

Romero (1995) sostiene que los problemas de contaminación demandan, entre otras cosas, una actuación coordinada entre municipios, entidades federativas y dependencias federales; una actuación que reconozca la necesaria intercomunicación entre dependencias y que los problemas ecológicos se manifiestan espacialmente en bioregiones, las cuales guardan escasa relación con las demarcaciones político administrativas. Por su parte Urquidi (1996) propone la descentralización de la política ambiental en México sobre bases regionales o subregionales, zonales y subzonales, en todos los casos en que la interrelación entre la actividad

económica y la problemática ambiental lo aconseje, sobre todo en las cuencas hídricas.

En el caso del Valle de Maneadero, posiblemente se vea a las anteriores propuestas como viables y de gran alcance para la protección del agua subterránea.

Mientras tanto, se ha hecho un cuadro que sintetiza la participación de las tres unidades de gobierno y otros actores en la protección del acuífero de la planicie costera del Valle de Maneadero. Cabe aclarar que este cuadro refleja solamente la participación que debería tener cada actor, según lo estipulan las leyes vistas anteriormente en este trabajo.

En este cuadro podemos observar que la Comisión nacional del agua (CNA) es la institución gubernamental que más injerencia tiene con los problemas relacionados con la contaminación del agua subterránea. De igual forma se observa que el Municipio de Ensenada también tiene una alta participación en este tipo de problema.

Las acciones que se puedan dar en un futuro para proteger el acuífero, dependerán entonces, de las buenas relaciones que se lleven a cabo entre estas instituciones, combinadas con otros actores no gubernamentales como los productores agrícolas de la zona y de la comunidad en general de Maneadero.

**Cuadro 3. Participación de las Unidades de gobierno y otros actores en el caso de la protección del agua subterránea en el Valle de Maneadero, Mpio de Ensenada, B.C.**

ACTIVIDADES	CNA *	GOB EDO	SA-GAR	SRA	PRO FE PA*	INE *	MPIO	IP
1.PREVENCIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO.	√							
2.CONTROL DE LAS DESCARGAS DE AGUA RESIDUAL	√							
3.INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES	√							
4.SANCIONES Y COBROS POR DESCARGA DE A. RESIDUALES.	√							
5.EXPEDICIÓN DE NORMAS EN MATERIA DE AGUA						√		
6.POLÍTICA DE ADMINISTRACIÓN DEL AGUA						√		
7.CONTROL DEL DRENAJE Y ALCANTARILLADO EN MANEADERO							√	
8.CONTROL DE DESECHOS SÓLIDOS (BASURA)							√	
9.TENENCIA DE LA TIERRA				√				
10.CONTROL DE SUSTANCIAS TÓXICAS Y PELIGROSAS.					√			
11. POLÍTICA AGRÍCOLA		√	√					
12. COORDINACIÓN DE LOS CONSEJOS DE CUENCA, EN CASO DE APLICACIÓN	√							
13.INSTALACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE A.RES.		√					√	√

\* DEPENDEN DE LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA (SEMARNAP).

IP= INICIATIVA PRIVADA- PRODUCTORES DEL VALLE.

SRA= SECRETARÍA DE LA REFORMA AGRARIA

SAGAR= SRIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL

## **Parte 2**

### **Riesgo de Contaminación del Acuífero del Valle de Maneadero**

#### **Capítulo 3. Marco conceptual y metodológico**

##### **3.1. Alcance de la Metodología**

La metodología se refiere exclusivamente al riesgo de que el agua subterránea se contamine con concentraciones que excedan las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad de agua potable, pero no al riesgo resultante para la salud humana.

Se enfoca el riesgo de contaminación del agua subterránea debido a la actividad del hombre. No se consideran otros importantes temas relacionados, tales como los problemas de la calidad natural de aguas subterráneas, intrusión salina de acuíferos asociada con sobre-explotación, reducción de la recarga del agua subterránea debido a la urbanización y tampoco se considera el riesgo de contaminación de las aguas superficiales.

### **3.2. Concepto Fundamental del Riesgo de Contaminación (Foster e Hirata, 1991)**

La definición más lógica del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas es concebirlo como la interacción entre la carga contaminante que es, será o pudiera ser aplicada al subsuelo como resultado de la actividad humana y la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, debido a las características naturales de los substratos que se cubren y se separan en la superficie (Figura 5 y Anexo B)

Adoptando tal esquema podremos obtener una alta vulnerabilidad sin riesgo de contaminación, por la ausencia de una carga significativa de contaminantes, y viceversa. Ambos son perfectamente lógicos en la práctica. Aun más, la carga contaminante puede ser controlada o modificada, pero no la vulnerabilidad del acuífero.

El término vulnerabilidad del acuífero a la contaminación representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta. Es, en efecto, lo inverso a

Figura 5. Esquema conceptual de la determinación de riesgo

PASOS EN LA DETERMINACION DE RIESGO	
CARGA CONTAMINANTE [CC]	1.clase de contaminante
	2.intensidad de contaminación
	3. disposición del contam.
	4. tiempo de aplicación
VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO [VA]	Transmisividad (m <sup>2</sup> /día)
	Profundidad al nivel estático(m)
	<del>Capacidad de asimilación</del>
RIESGO DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	Interacción entre  CC y VA

la capacidad de asimilación de contaminantes de un cuerpo receptor de agua superficial, con la diferencia de que los acuíferos tienen una cubierta de substratos que proporcionan una protección adicional.

El término de riesgo de contaminación se define aquí como la probabilidad de que las aguas subterráneas se contaminen con concentraciones por encima de los valores recomendados por la OMS para la calidad de agua de consumo humano.

El hecho de que este riesgo pueda convertirse en una seria amenaza a la calidad de abastecimiento de agua subterránea ya desarrollada o por desarrollar, dependerá de la movilidad de los contaminantes dentro del acuífero mismo, específicamente en la zona no saturada, antes de que el contaminante alcance la zona saturada (Figuras 6 y 7).

En la Figura 6 se observa la estimación del tiempo recorrido en la zona no saturada en función de la zona geográfica y de los tipos de materiales que se encuentran en el subsuelo. Los estimados se basan en cálculos simplificados bajo condiciones de precipitación natural y fuerte recarga artificial, ya que la infiltración natural ( $I$ ) y la conductividad hidráulica vertical saturada ( $K_v$ ) son mucho más grandes que aquellas de retención específica ( $S_r$ ) y porosidad efectiva ( $\emptyset$ ), es evidente que, para un grosor dado de la zona no saturada, el

tiempo recorrido es predominantemente controlado por  $I$  y por  $K_v$  en los caso respectivos (Foster, 1985).

En la figura 7 se ilustra el esquema más lógico de combinación de parámetros relevantes según Foster e Hirata, (1991). Este esquema representa una base sólida para determinar la vulnerabilidad en este trabajo, como se verá más adelante.

**Figura 6. Tiempo recorrido en la zona no saturada (foster, 1985).**

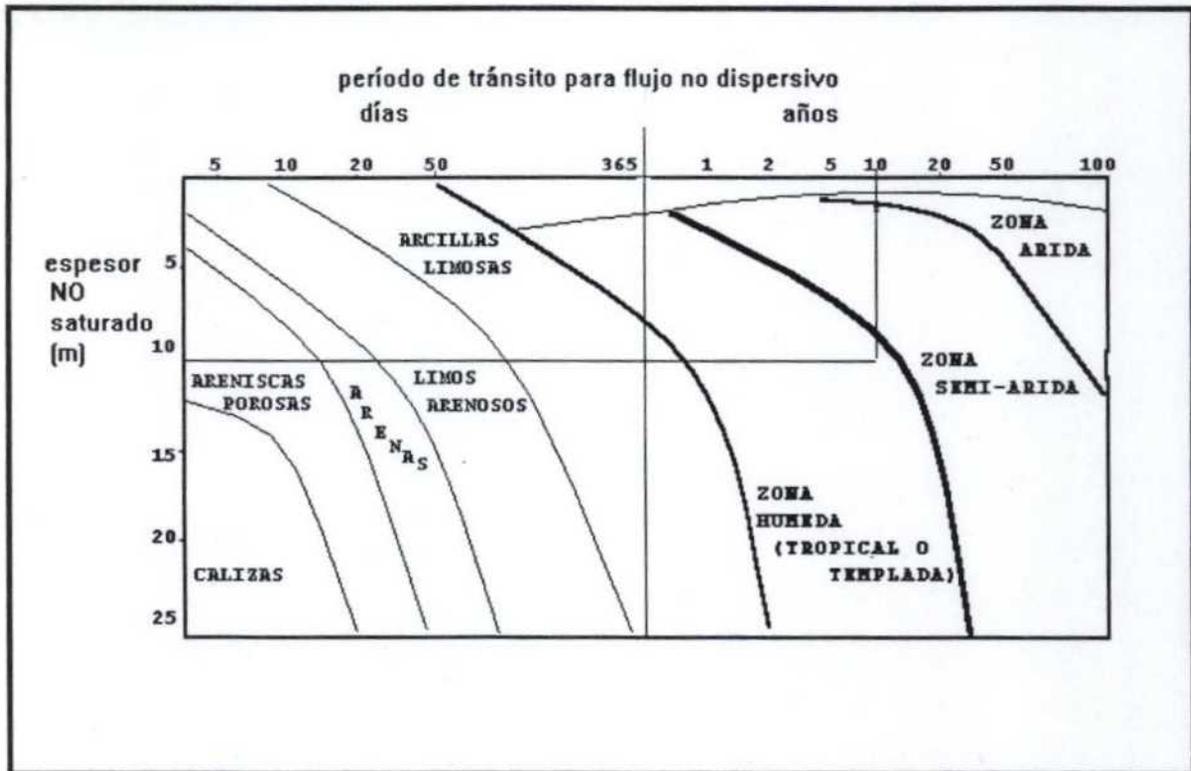
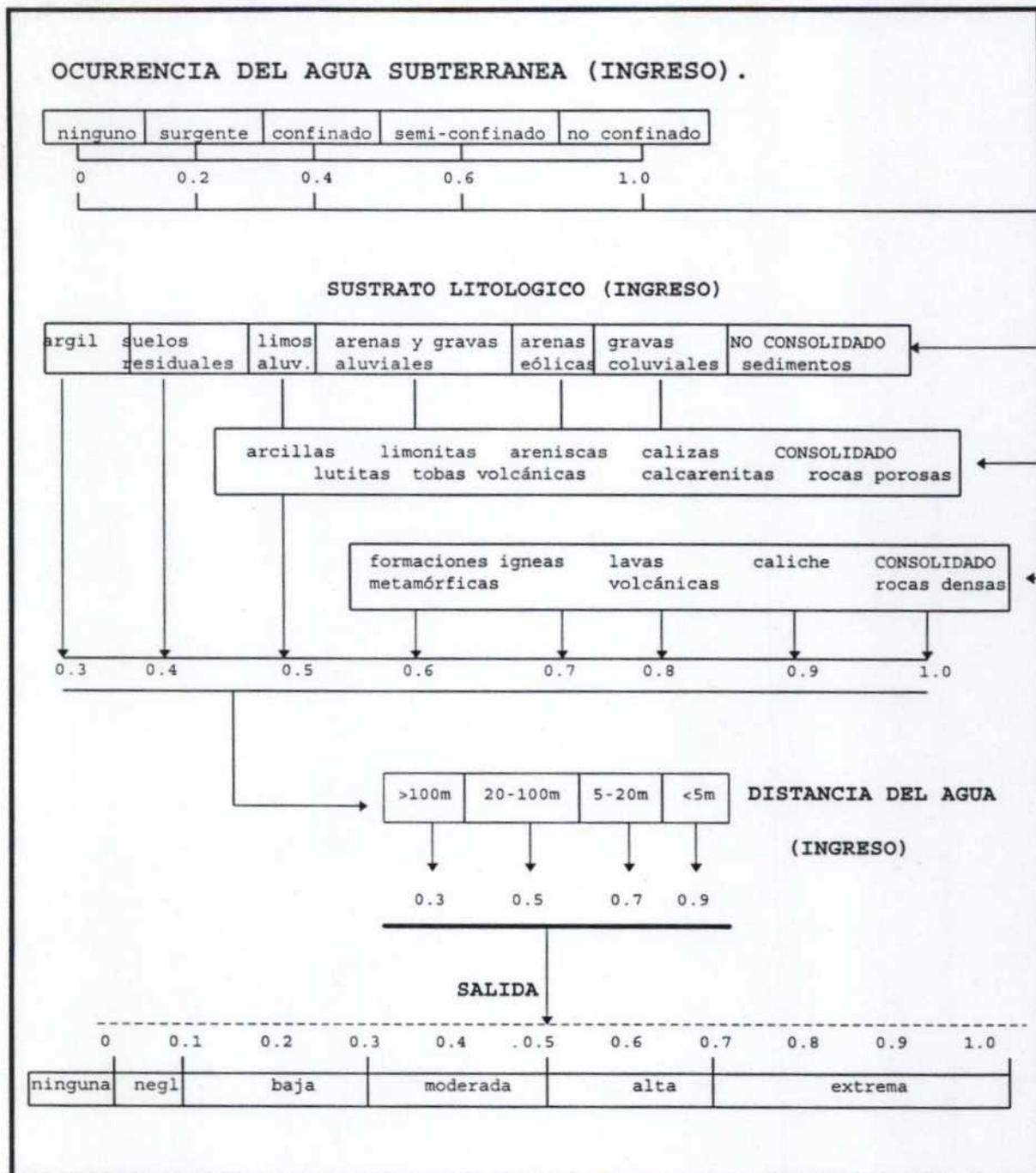


Figura 7. sistema OSDI para la evaluación del índice de vulnerabilidad del acuífero, compilado por Foster (1987).



### **3.3. Estrategias para la determinación del riesgo.**

Dada la complejidad de los factores que afectan el transporte de los contaminantes en las aguas subterráneas, de la importancia potencial de factores muy detallados y de la singularidad del Valle de Manadero, se toma cada actividad contaminante en un ambiente hidrogeológico dado a mérito individual y llevar a cabo trabajos de investigación independientes para evaluar el riesgo de contaminación.

Los datos que se utilizan no son creados, sino que se encuentran en archivos de las diferentes organizaciones, no se contempla el muestreo ni el análisis de efluentes, pozos y suelos debido al costo de estos estudios y al tiempo que se requiere para llevarlos a cabo.

Finalmente la determinación del riesgo que aquí planteamos tiene que servir al menos para identificar el acuífero, o partes del acuífero más vulnerables y determinar las actividades humanas causantes del máximo riesgo de contaminación en estas áreas.

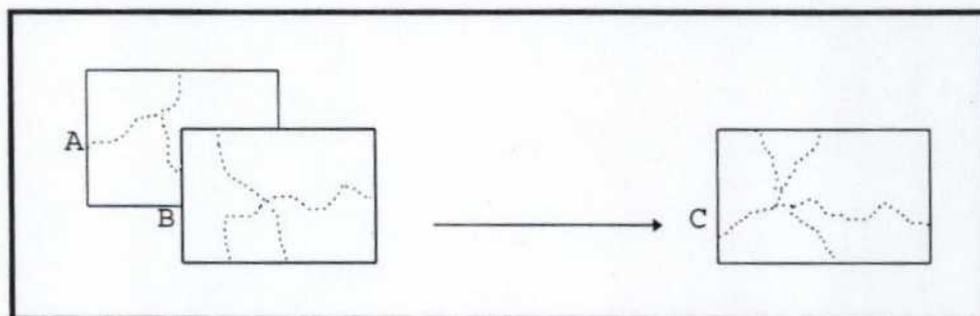
De esta manera la determinación del riesgo es la base para establecer alternativas viables sobre prioridades establecidas, asimismo para la investigación y el monitoreo de campo a fin de proteger el recurso agua subterránea.

### **3.4. Manejo de variables para determinación de riesgo**

Para evaluar objetivamente y codificar el grado de riesgo que pueda tener un acuífero por áreas es necesario medir y expresar los resultados mediante ecuaciones matemáticas que comunmente se llaman índices.

Los índices son una forma de identificación sistemática que se aplica para obtener un resultado numérico que se expresa espacialmente por medio de un mapa (A) y que a su vez puede ser traslapado con otro (B), dando como resultado un tercer mapa (C) (Figura 8).

Figura 8. traslape de mapas con índices.



En el caso particular de este estudio se ha diseñado un sistema de índices, que se obtienen al seleccionar los parámetros más representativos que permiten obtener un valor numérico, con una determinada clasificación para cada área específica del sitio de estudio. Por ejemplo, a un parámetro "A" lo podemos clasificar en alto, medio o bajo, atribuyendo valores de 3, 2 y 1 respectivamente, a la vez podemos escoger otro parámetro "B" y clasificarlo de la misma forma, de tal manera que podamos multiplicarlos por medio de una matriz simple de tres por tres (o tres por cuatro, cuatro por cuatro, etc) como se aprecia en el cuadro 4. Una vez obtenidos los resultados de la combinación debemos

reclasificar estos números en tres categorías que resultan de la relación proporcional de la multiplicación 3X3. Los tres valores menores entran en la categoría "bajo", los subsecuentes en "medio" y "alto".

Cuadro 4. Matriz de interacción de 2 parámetros A y B.

		A		
		1	2	3
B	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Alto=6,6 y 9; Medio= 3,4 y 3; Bajo= 1,2,2.

Para determinar el (los) Índice(s) de Riesgo hay que obtener primero el (los) Índice (s) de Vulnerabilidad y Carga Contaminante, los cuales siguen el procedimiento descrito anteriormente.

### 3.4.1. Índice de vulnerabilidad.

El Índice de Vulnerabilidad que aquí obtendremos se basa en el producto de dos parámetros básicos:

- 1) La profundidad al Nivel Estático
- 2) La transmisividad ( $m^2/día$ ) de las diferentes partes del acuífero.

Estos parámetros se involucran en forma discreta en un plano cuantitativo o índices donde se establecen los siguientes rangos de valores:

#### 1. Profundidad al Nivel Estático:

- bajo (1), cuando el Nivel Estático supere los 30 m de profundidad.
- medio (2), cuando el N E se encuentre entre los 15 y 30 m.
- alto (3), cuando el N E sea menor a 15 m.

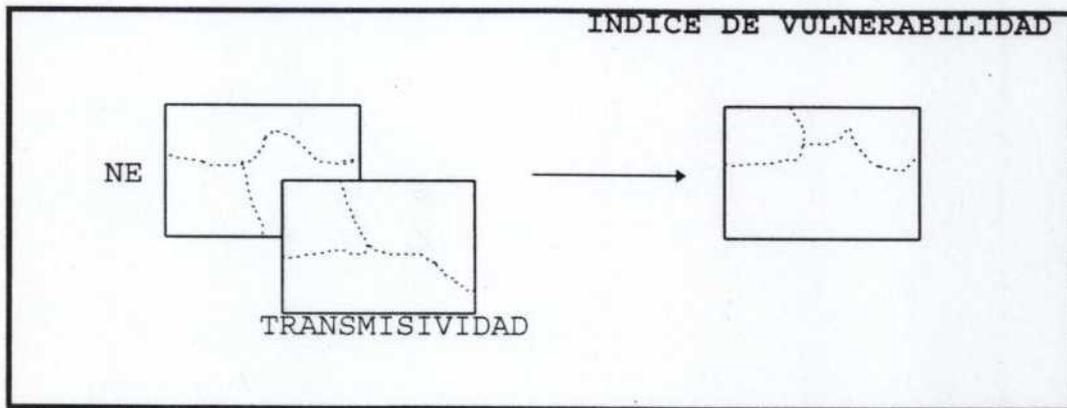
#### 2. Transmisividad:

- bajo(1), cuando los valores de T sean menores a  $1800 m^2/d$
- medio(2), cuando los valores de T estén entre  $1800-2600 m^2/d$

-alto(3), cuando los valores de T sean mayores a  $2600 \text{ m}^2/\text{d}$ .

En la figura 9 se muestra el esquema de como se realiza el traslape de dos mapas clasificados -Profundidad promedio del nivel estático (NE) y Trasmisividad Hidráulica en (T)-.

Figura 9. Esquema del traslape de mapas clasificados para determinar el Índice de Vulnerabilidad por áreas.



### 3.4.2. Índice de carga contaminante

Para obtener el Índice de Carga Contaminante (ICC) se hace una clasificación de cada una de las diferentes actividades humanas con cargas contaminantes (Agricultura, ganadería, asentamientos humanos, basureros, etc). Para cada una de estas actividades se toma como base a cuatro criterios semi-independientes de la carga contaminante al subsuelo (Foster, 1991):

#### 1) La clase de contaminante

Se define por: a) la tendencia hacia la degradación o transformación in-situ y b) su tendencia hacia el retardo con respecto al flujo del agua subterránea (Figura 10)

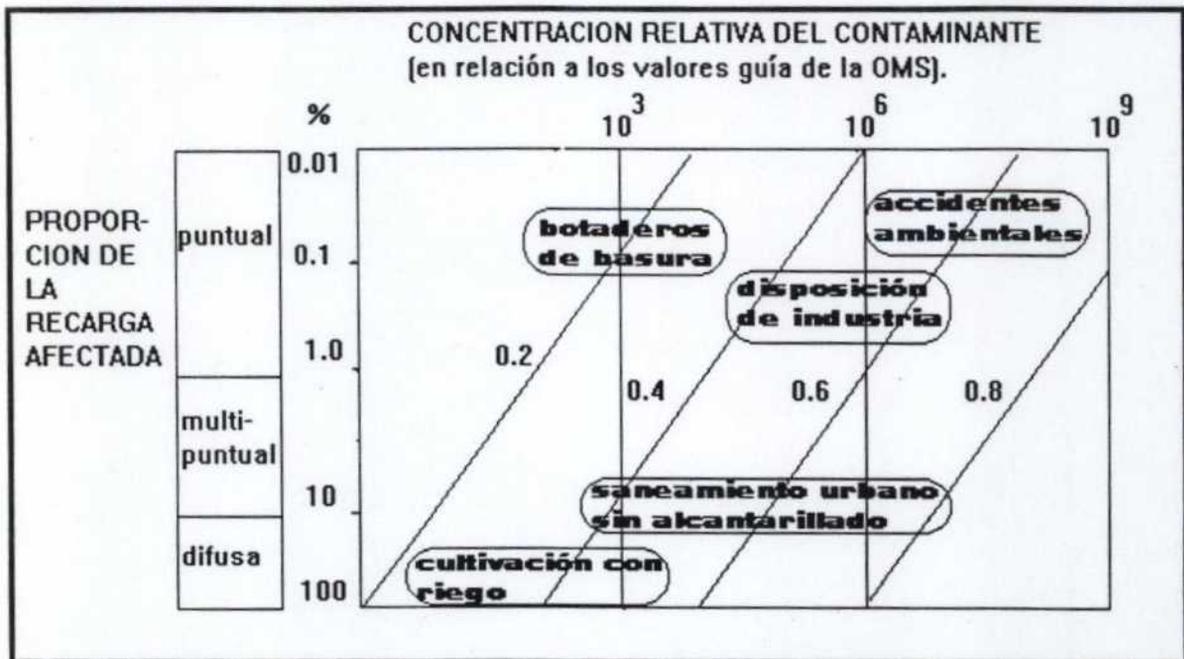
#### 2) La intensidad de la contaminación

Se define por: a) la concentración relativa de cada contaminante involucrado en relación a los valores recomendados por la OMS para la calidad de agua potable y b) la proporción de la recarga local del agua subterránea afectada por la contaminación (Figura 11)

Figura 10. Clase de contaminantes (Foster e Hirata, 1991).

		DEGRADACION DEL CONTAMINANTE		
		insignificante	lenta	rápida
RETARDACION DEL CONTAMINANTE	insignif.	1.0 NO <sub>3</sub> Cl-SO <sub>4</sub> Fe	0.7	0.4
	débil	0.8 Na-K-Mg	0.6 plaguicidas -metales pesados Mn-As	0.3 hidrocarburos -virus -bacterias -aromáticos
	fuerte	NH <sub>4</sub> 0.5	0.4	0.2 plaguicidas cationicos

Figura 11. Intensidad de la contaminación  
(Foster e Hirata, 1991)



3) El modo de disposición en el subsuelo

Se define por: a) la carga hidráulica asociada con el contaminante y b) la profundidad bajo superficie a la que el efluente es descargado o donde la lixiviación de residuos sólidos ocurre (Figura 12)

4) El tiempo de aplicación de la carga contaminante

Se puede definir considerando: a) la probabilidad que el contaminante sea descargado al subsuelo, que en la mayoría de las situaciones será alta, con la excepción del caso de accidentes ambientales y b) el periodo durante el cual se aplica la carga (figura 13).

Cada uno de estos criterios permite clasificar los componentes de la carga contaminante en una escala relativa de 0-1 y esta a su vez en cuatro categorías: bajo 1(0-0.25), Medio 2(0.26-0.50), alto 3(0.51-0.75) y muy alto 4(0.76-1).

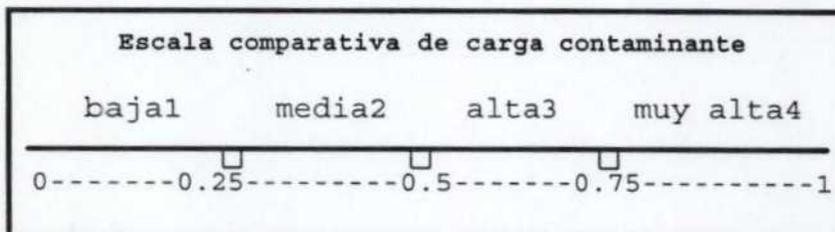


Figura 12. modo de disposición en el subsuelo

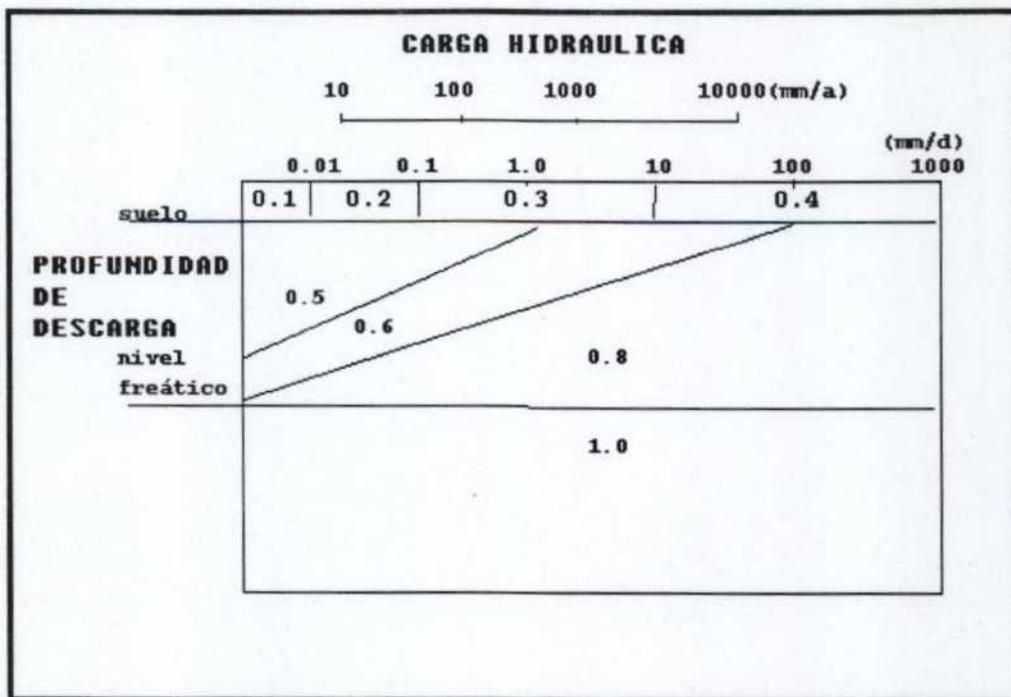
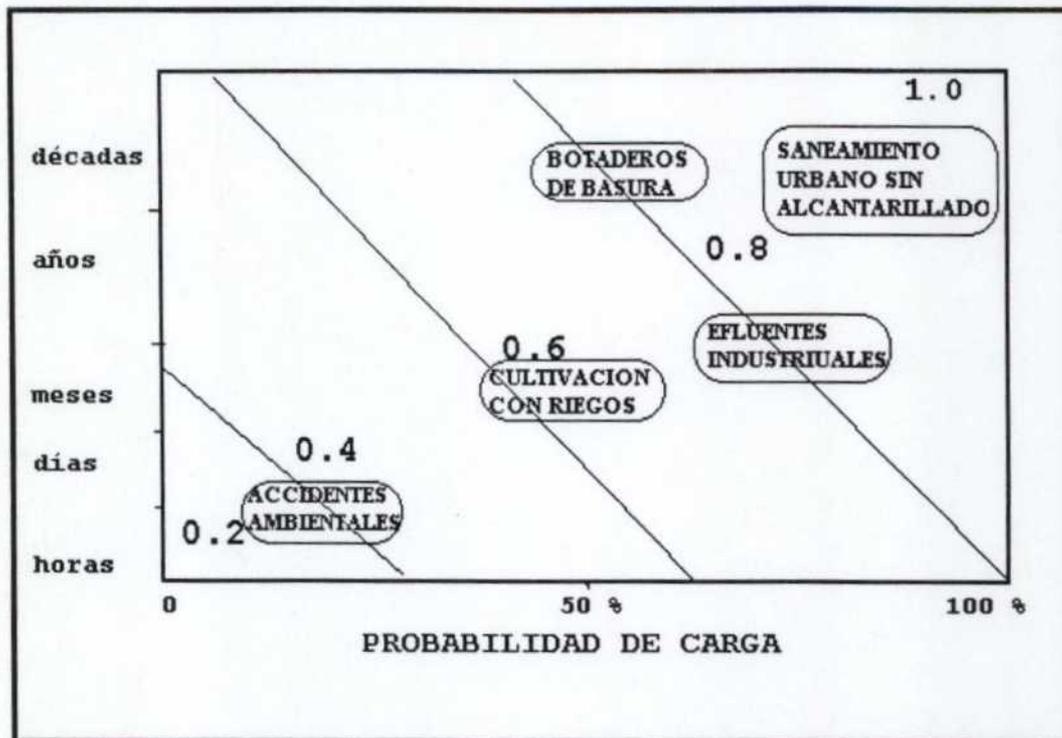


Figura 13. Tiempo de aplicación de la carga

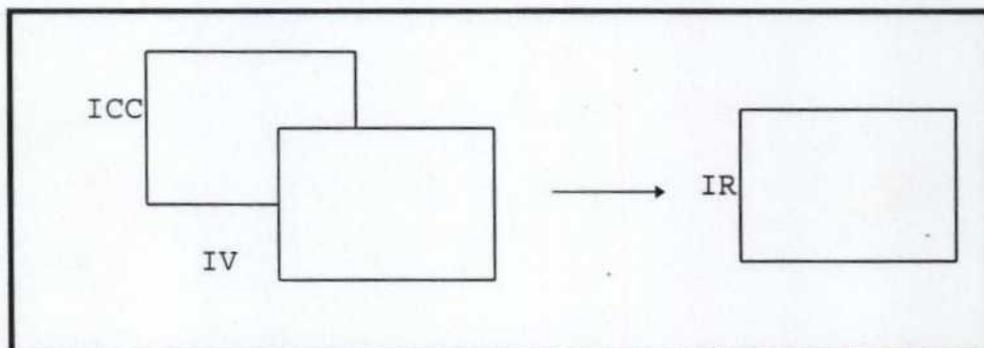


Al final se obtendrá un mapa indicando los valores correspondientes de la carga contaminantes para cada actividad humana desarrollada en la planicie costera del Valle de Maneadero.

### 3.4.3. Determinación del(los) Índice(s) de Riesgo

Una vez determinados estos índices de vulnerabilidad y de carga contaminante obtendremos el (los) Índice(s) de Riesgo los cuales resultan de la sumatoria de los IV y ICC, es decir que puede haber un sólo índice de riesgo o varios, según sean la(s) vulnerabilidad(s) del acuífero y la distribución de la carga contaminante en el Valle (figura 14)

Figura 14. Esquema conceptual para la determinación del Índice de Riesgo.



### 3.5 Conceptos relacionados con la vulnerabilidad.

#### 3.1.1. Zona no saturada

La zona no saturada representa la primera y más importante capa de protección natural contra la carga contaminante.

El movimiento del agua en la zona no saturada normalmente es lento y se limita a los poros más pequeños, existe así un potencial para: la filtración, <sup>ab</sup>sorción y eliminación de patógenos; la atenuación de los metales pesados, y otros químicos inorgánicos; la sorción y biodegradación de plaguicidas e hidrocarburos (Foster e Hirata, *op cit*).

El movimiento de agua en la zona no saturada puede ser complejo y es difícil de predecir su capacidad de atenuar contaminantes. En muchos casos, el grado de atenuación dependerá del tiempo de residencia, que a su vez se determina por sus características hidráulica (Foster e Hirata, *op cit*)

La zona no saturada está formada por partículas sólidas, poros llenos de aire y de agua en proporción constantemente

variable. El flujo en la zona saturada se rige por la ley de Darcy que en dirección vertical puede ser escrita como:

$$V = Ki/ne$$

donde  $V$  = velocidad de flujo;  $(i)$  gradiente hidráulico y  $n$  en la porosidad efectiva y  $K$  es una constante que describe la habilidad de los materiales geológicos para transmitir agua, esta constante se denomina también *coeficiente de permeabilidad* o simplemente *permeabilidad* (Watson y Burnett, 1993).

Las tasas de flujo naturales en la zona no saturada de casi todas las formaciones generalmente no exceden de 0.2 m/d (Foster et al, opcit), y menos cuando se promedia durante períodos más largos. Sin embargo, al darse la sobrecarga hidráulica artificial asociada con recarga de aguas residuales, las tasas de flujo en formaciones fisuradas puede ser mucho más altas. La presencia de fracturas, fisuras y otros microporos es un factor clave en la reducción del potencial para atenuación de contaminantes.

Otros factores para la atenuación de contaminantes en la zona no saturada son la mineralogía y la profundidad de la napa freática.

Los minerales arcillosos pueden adsorber metales pesados, fosfatos, amonio y virus, u la materia orgánica podrá retener muchos contaminantes orgánicos hidrofóbicos. Los suelos con textura limosa presentan un balance óptimo de capacidad de recarga y tratamiento. Las arenas calcáreas tienen una capacidad de intercambio iónico sustancial que resulta en la remoción del sodio, potasio y amonio, a cambio de calcio y magnesio en el agua que se infiltra. Bajo condiciones de pH alto, el fosfato también se precipita.

En relación con la profundidad de la Napa Freática, los acuíferos libres profundos resultan generalmente en períodos de infiltración más prolongados y por consecuencia una mayor atenuación de contamiantes en la zona no saturada. La profundidad mínima de la napa freática para una recarga controlada del acuífero ha sido especificada en 3 m, pero una zona no saturada de 10 m de espesor ha sido recomendada para una autopurificación óptima (Foster et al, op cit).

### 3.5.2. Niveles Estáticos

El nivel estático se define como la altura de la superficie de una columna de agua que puede ser mantenida por la presión estática en un punto dado. Dicha altura se mide con respecto a un nivel de referencia dado.

### 3.5.3. Transmisividad hidráulica

La transmisividad hidráulica (T) es determinada por medio de la ecuación:

$$T = Kb$$

Donde T es la transmisividad, K es la conductividad hidráulica y b el espesor saturado del acuífero, ésta es expresada en m<sup>2</sup>/día.

Los valores de T y la calificación estimada por Villanueva e Iglesias (1984) se presenta en el cuadro 5.

**Cuadro 7, Categorías del peligro potencial de contaminación del agua subterránea debido al saneamiento in-situ**

Densidad de población	cobertura de alcantarillado		
	Alta (>75%)	Parcial (25-75%)	Mínima (<25%)
baja (<100/ha)	baja	moderada	moderada
media (100-200/ha)	moderada	moderada	alta
alta (>200/ha)	moderada	alta	alta

Este riesgo está en función principalmente de los mecanismos de infiltración y flujo. El flujo de las aguas residuales a través del subsuelo, la zona no saturada y el acuífero saturado, mejora su calidad. Los suelos naturales atenúan en forma activa muchos de los contaminantes y por ello son considerados como un sistema efectivo para el tratamiento de excrementos humanos y aguas residuales domésticas.

Las variaciones en los mecanismos de recarga y tasas de infiltración ejercen una influencia importante en la eficiencia de los procesos bioquímicos de autopurificación y esto es tomado en cuenta para evaluar los efectos de la recarga del agua residual doméstica en una región

determinada. En términos generales, cuanto más lenta y más intermitente es la infiltración, más efectivos resultan ser los procesos de autopurificación (Foster et al, 1992), Ver Anexo D.

Los principales componentes de la carga de aguas residuales domésticas son: Nutrientes y sales, bacterias patógenas y virus y compuestos orgánicos, incluyendo a químicos sintéticos (Cuadro 8)

**Cuadro 8. Principales componentes y su grado de aparición en la carga contaminante de las aguas residuales domésticas (Horan,1990; Sans y Ribas,1989).**

tipo de efluente	N	CO	MP	HC	Solidos tot.	P
rural	bajo	-	alto	-	bajo	bajo
urbana	alto	bajo	medio	bajo	bajo	medio
con estaciones de gasolina	-	medio	-	medio	-	-
con talleres mecánicos	-	alto	-	alto	-	-
con industrias	baja	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo

N= Nitrógeno; CO= Compuestos orgánicos; MP= Microorganismos patógenos; HC= hidrocarburos; P= Fosforo.

### 3.6.2. Aguas residuales de origen ganadero.

Esta actividad de tipo intensivo representa una fuente de contaminación de las aguas subterránea bastante importante, ya que se generan contaminantes como el nitrato, fosfato y materia orgánica. Una sola vaca, por ejemplo produce más de diez veces el DBO y el Nitrato que un ser humano.

Este tipo de agua residual lo generan principalmente los corrales de engorda de bovinos y los establos lecheros. La calidad de este tipo de agua es medida principalmente por los parámetros: DBO, Nitrógeno total, fosforo y potasio.

En los cuadros 9 y 10 se exponen las cantidades y la composición de las excretas de un ejemplar vacuno normal.

**Cuadro 9. Características fisiológicas de un bovino manejado intensivamente en un corral en lo referente a desechos, de acuerdo a un peso estandar.**

	peso std <sup>12</sup>	requerimiento de alimento kg/día	requerimient o de agua <sup>13</sup> l/día	desechos excreta <sup>14</sup> Kg/día	desechos orina <sup>15</sup> l/día
bovino con manejo intensivo	181	5.43	39.79	2.98	13

<sup>12</sup> Monroy, H.O. y Viniestra, G.G. 1990. Biotecnología para el Aprovechamiento de los Desperdicios Orgánicos. Cuadernos del Instituto de Biotecnología de la UNAM. p. 15-18.

<sup>13</sup> Newman, A.L. 1989. Ganado Vacuno para la Producción de Carne. De. Limusa, México. p.p. 199.

<sup>14</sup> Kolb, E. 1974. Fisiología Veterinaria, volumen 2. De. Acribia. Zaragoza, España. p.p.620.

<sup>15</sup> Menendez, F.A. Bromatología Animal. Ed. Limusa, México p.p.46-48.

**Cuadro 10. Características del residuo (estiercol) del ganado vacuno (Foster, et al 1992).**

vacuno	DBO (kg/d)	N (g/d)	P (g/d)	K (g/d)	población-humana equivalente.
Lechero	0.8	190	34	125	10
para carne	0.7	150	50	110	9

### 3.6.3. Lixiviados de basureros o tiraderos de desechos sólidos

Se define desecho sólido como cualquier sustancia desechable derivado de la actividad humana en un lugar determinado y se considera como una mezcla heterogénea de materiales orgánicos e inorgánicos que tiene diferentes características físicas, químicas y biológicas, dependiendo de su fuente de generación (Deffis, 1989 y Noreña, 1995).

Los desechos sólidos también se considera una fuente de contaminación puntual para el subsuelo y se pueden clasificar en tres grandes grupos según Custodio, 1983:

- 1) Residuos inertes, tales como tierras que no ofrecen peligrosidad;
- 2) Residuos domésticos y comerciales y escombros (basuras) y
- 3) Residuos industriales generales.

En este apartado hablaremos solamente del segundo, es decir de las basuras, las cuales son formadas principalmente por sustancias orgánicas, algunas sales solubles y materiales inertes muy diversos.

Una vez depositadas en un terreno la materia orgánica se transforma en agua e iones  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{=}$  y se produce  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$  que escapan, pero el primero de ellos aumenta mucho la agresividad del agua, disminuye su pH y contribuye al aumento de la dureza y a la solubilización de ciertos metales. En ausencia de oxígeno se produce una descomposición a ácidos orgánicos intermedios y finalmente se produce  $\text{NH}_4^+$ , S= y gases que se desprenden (Custodio, 1983).

La cantidad de líquido que se produce en un basurero depende de lo que contenga la propia basura, pero principalmente del agua de infiltración que recibe de la lluvia y de otros aportes, por ejemplo el agua de escorrentía de terrenos laterales. Este líquido puede tener una composición muy variable, aunque su grado de contaminación es muy elevado, en el cuadro 11 se dan algunas composiciones típicas.

Cuadro 11. Algunas composiciones de los líquidos salientes de vertederos de basuras.

	1	2	3	STD México*
caudal m <sup>3</sup> /h		1		
pH	8.2	6.2	5.7	6-8
Sólidos disueltos ppm	22,000	80,000	7,800	-
N total, ppm	2,800	3,500	1,200	30 mg/l
N amoniacal ppm	1,700	2,300	750	10 mg/l
Fe total	60	150	250	-
PO <sub>4</sub> -	20		20	5 mg/l
DBO 5, ppm O <sub>2</sub>	4000	130,000	30,000	30 mg/l
DQO ppm O <sub>2</sub>	12,000	130,000	-	80 mg/l
SST	400	70		30 mg/l
Número de gérmenes NMP/100	300,000			1000 NMP/100 coliformes totales
Cl ppm	120	2,700	2,200	-
Na ppm		4,000	1,700	-
K ppm		2,600	1,800	-
Ca ppm	60	3,600	2,500	-
Mg ppm		480	320	-
Cu ++	0.4	0.5		10 mg/l

1) Valor promedio del vertedero de Montjuich, Barcelona

2) Valor del vertedero de basuras de Garraf, Barcelona

3) Límite extremo superior del vertedero de los Angeles, Ca.

datos tomados de Custodio E. y Llamas, M.R. 1983. Hidrología Subterránea 2a De. OMEGA, Barcelona. p.1925.

4) Límites máximos permisibles para agua residuales en México, tomados de Gaceta Ecológica, Vol II, Número 6, enero de 1990. SEDUE.

El efecto de un basurero sobre un acuífero depende de la conexión vertical y/o lateral en que se encuentre el basurero y el nivel freático. El grado de contaminación dependerá entonces, de la autodepuración que se produce en durante la infiltración en el medio no saturado, del suministro de

oxígeno, del flujo del agua subterránea y del grado de mezcla de la misma.

El agua contaminada de un acuífero se puede caracterizar por su mayor mineralización y temperatura, frecuentemente acompañadas por la aparición de color, olor desagradable, elevado contenido del ion amonio, elevado DBO y DQO (definir en un pie de página), posible reducción de sulfatos, ausencia de nitratos, presencia de fierro y elevado contenido de CO<sub>2</sub>, según sea el pH (Russell e Higer, 1988).

### **3.6.4. Agroquímicos**

#### **3.6.4.1. Fertilizantes**

Los fertilizantes se clasifican de acuerdo a su contenido de nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K), estos son los tres nutrientes que requieren principalmente los cultivos (Freeze y Chermy, 1979).

El uso de fertilizantes o abonos artificiales puede producir principalmente contaminación del agua subterránea de

nitratos, pues los fosfatos son en general muy poco solubles y la potasa, tiende a ser fijada por el terreno si está bien dosificada (Spalding y Kitchen, 1988). En condiciones de aplicación en la época oportuna y de modo correcto parece que con un suelo normalmente activo dosis de hasta 500 kg/año de  $\text{NO}_3^-$  no producen contaminación; si se abona con estiércol, al tenerse una relación carbono-nitrógeno elevada, la abundancia de materia orgánica ayuda a evitar la infiltración del ion nitrato (Freeze y Chermey, 1979).

Algunas características de los principales fertilizantes agrícolas se exponen en el cuadro 12.

La presencia del nitrato en el agua subterránea ha sido documentada en muchas partes del mundo, por ejemplo en Japón, Israel, Inglaterra, Alemania, California, Nebraska, el suroeste de Alberta y en Sonora, México. En estas regiones las concentraciones de este ión han excedido en la mayoría de los casos los límites máximos permisibles para agua potable (Terao, et al, 1993; Power y Schepers, 1989; Strebel et al., 1989; Canales y Gonzalez, 1991; Canales, et. al. 1993). En el cuadro 13 se expone un ejemplo de como algunos

pozos de abastecimiento de agua potable para comunidades rurales en la región, se encuentran contaminados con nitratos.

Cuadro 12. Resumen de las características de los principales fertilizantes agrícolas y su relación con el subsuelo. (Foster e Hirata, op cit).

tipo	adsorción en suelo	movilidad en suelo anión	transformación		posibles contam. anión.
			Q	BQ	
Nitrógeno					
-nitrato de calcio	baja	alta		*	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
-salitre de amonio	parcial	alta		*	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
-amoníaco líquido	alta	alta		*	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
-urea	parcial	alta	*	*	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Fosforo					
-superfosfato	muy baja	muy baja	*		HPO <sub>4</sub>
Potasio					
-cloruro de potasio	baja	baja			Cl
-sulfato de potasio	baja	baja			Cl

Q= Química; BQ= Bioquímica.

Cuadro 13. Concentración de nitratos (mg/l) en el agua subterránea para abastecimiento humano del Valle del Yaqui, Sonora.

Población	Mínimo	Máximo	Media
M.Villalobos	1.8	7.5	4.1
Ejido 31 Octubre	1.8	11.0	11.0
Qetchehueca	2.5	11.5	7.5
Altos jecopaco	1.3	26.4	16.8
E. 19 noviembre	8.3	52.8	48.8
E. Tesopobampo	2.3	13.8	11.0
E. F.Villa	22.2	42.6	30.5
E. Cuahutemoc	1.8	13.4	13.4

Norma OMS 44 mg/l

Norma Mex.22 mg/l

Fuente: Burgos, 1992 y; Canales et al, 1991.

El nitrato es el contaminante del agua subterránea más frecuentemente reportado en relación con la salud humana en el mundo. El consumo de nitrato a través del suministro de agua potable de pozos, puede provocar la metahemoglobinemia infantil o síndrome del niño azul, además de procesos mutagénicos y teratogénicos. Como resultado de esto la mayoría de los países han establecido un máximo permisible de 10 mg/l de nitrato reportado como nitrógeno -NO<sub>3</sub>-N- (Spalding y Parrot, 1994 y Albert, 1990). Como se puede apreciar en México la norma es de 22 mg/l para el nitrato, la cual es más estricta que la estos países<sup>16</sup>.

#### 3.6.4.2. Plaguicidas

Los plaguicidas son sustancias químicas destinadas a combatir parásitos animales o vegetales que amenazan los cultivos de importancia económica, a la ganadería, e incluso al mismo hombre (Rodríguez, et al 1988). Actualmente las fuentes más comunes de plaguicidas hacia el suelo son las actividades agrícolas y los derrames de las industrias que manejan estos químicos (Chung-Lu, et al, 1993).

---

<sup>16</sup> 10 mg/l de N-NO<sub>3</sub> = 44 mg/l de NO<sub>3</sub>-  
y 5 mg/l de N-NO<sub>3</sub> = 22 mg/l de N<sub>3</sub>-

### Plaguicidas en el suelo.

Los plaguicidas alcanzan el suelo a través de la aplicación directa o indirecta principalmente en agricultura, dependiendo del método usado. Una vez presentes en el suelo pueden transformarse por procesos químicos o biológicos (Camper, 1991). También se pueden acumular en las plantas, o bien, contaminar el agua subterránea (Blume y Ahlsdorf, 1993). Otros científicos dicen que son cinco procesos los que ocurren en el suelo, a saber: transporte, absorbción<sup>2</sup>, degradación, volatilización, y absorción de las plantas. Agregan que hay una estrecha relación entre las propiedades del suelo, clima, y las prácticas de manejo en el comportamiento de los agroquímicos (Trevisan et al, 1993).

### Magnitud.

La magnitud de los residuos de pesticidas encontrados en el suelo o en el agua subterránea, dependen de varios factores: uso y manejo, características de persistencia (cuadro 14), solubilidad en el agua, grado de volatilización, degradación o transformación (química o microbiana), los factores abióticos como la temperatura y la humedad del suelo (Cámara, D.O.A. 1992).

2. TRANSFORMACION O DEGRADACION: Los agentes involucrados en la degradación de plaguicidas pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. Una combinación de factores produce el rompimiento de pesticidas químicos en un periodo que puede ser de horas a años, como se aprecia en el cuadro anterior.

Los dos agentes físicos involucrados en el proceso de degradación son la luz y el calor (fotólisis y degradación térmica), lo cual es poco común en el suelo (Coats, 1991). La degradación química ocurre como un resultado de varios agentes reactivos en la formulación y en el medio ambiente, siendo posible la catalización de los constituyentes del suelo (Cámara, *op cit*). La reactividad química puede también jugar un papel importante en la reducción del riesgo a la lixiviación, como un resultado de la generación de residuos solubles, por ejemplo, en la neutralización de compuestos ácidos o alcalinos (Foster et al, 1991). La degradación biológica es llevada a cabo por una gran cantidad de organismos, desde unicelulares a mamíferos, siendo ésta el agente principal en la degradación de plaguicidas en el suelo (Cámara, *op cit*; Camper *op cit* y Coats *op cit*).

Básicamente, cinco procesos son involucrados en la transformación microbial de pesticidas: 1) Biodegradación, en

el cual los pesticidas pueden utilizarse como sustrato para el crecimiento; 2) Cometabolismo, en el cual los pesticidas son transformados por reacciones metabólicas pero no sirven como recurso energético para el microorganismo; 3) Polimerización o Conjugación, las moléculas del pesticida son ligadas a otro pesticida; 4) Acumulación, el pesticida es incorporado dentro del microorganismo y; 5) Efectos secundarios de la actividad microbiana, aquí el pesticida es transformado por los cambios en el pH (Potencial de Hidrógeno), condiciones Redox, entre otras reacciones (Bollag y Liu, 1990).

Por último en la degradación de pesticidas se generan compuestos químicos, estos pueden reducir la toxicidad o en algunos casos incrementarla, por ejemplo, la fotoxidación del aldrín produce dieldrín, que es más tóxico que el primero (National Academy of Sciences, 1986).

3. TRANSPORTE: En lo que se refiere al transporte de los plaguicidas en el suelo, este se produce por difusión o por flujo de masa. Durante un periodo de lluvia o de irrigación, el agua se mueve a través del suelo favoreciendo de esta manera la lixiviación. La distancia a la cual el plaguicida es lixiviado depende tanto de la capacidad de retención del

suelo y su estructura, así como de la participación en la fase sólida y líquida (Cámara *op cit*).

Las consideraciones fundamentales de los mecanismos de transporte a través de la zona no saturada, es que una vez que el plaguicida ha sido lixiviado hasta la zona insaturada, entra en un ambiente que contiene una proporción mucho más pequeña de arcillas minerales y materia orgánica y también se han reducido notablemente las poblaciones microbianas, por lo que la movilidad y transformación del plaguicida se realiza en un periodo largo de tiempo comparado con un típico suelo agrícola (Foster, *op cit*). La Environmental Protection Agency (EPA) ha seleccionado a 47 plaguicidas con un alto potencial de lixiviación, además identifica a otros 70 con características muy similares a los primeros (Cohen, 1994).

Los pesticidas son transportados hacia capas inferiores por medio de convección, donde el movimiento de estos es el mismo que el del flujo del agua subterránea; Dispersión Hidrodinámica y por Interacción Hidrogeoquímica, como resultado de la irrigación y puede alcanzar el agua subterránea, si la zona saturada en un acuífero se encuentra a poca distancia de la superficie (Vrba y Romijm, 1986).

Una de las propiedades de los plaguicidas que afectan la cantidad que puede llegar a capas inferiores es el coeficiente de "sorption" del pesticida, que indica su tendencia a ser adsorbido en partículas del suelo. A mayor adsorción es menor el movimiento. Al reducir la profundidad de percolación se puede incrementar el tiempo requerido para que un pesticida alcance una profundidad específica en el perfil del suelo (Villanueva, 1988).

El manejo en irrigación que reduce la profundidad de la percolación, generalmente disminuye el movimiento del pesticida hacia capas inferiores (Ranjha e Hill, 1992).

El movimiento del plaguicida se puede ver afectado por la textura del suelo. El movimiento es mas lento cuando el suelo presenta una textura fina por ejemplo los suelos arcillosos que a través de suelos de textura grueso como las arenas. Un ejemplo de ello, es el movimiento en el suelo del plaguicida denominado ALDICARB, se observa que puede llegar más cantidad de este compuesto a una misma profundidad en suelos arenosos que en arcillosos (Ou, 1988).

Por otra parte la presencia de los plaguicidas en el agua subterránea ha sido evidenciada en múltiples estudios hechos en diferentes partes del mundo, basta citar que en el Valle

del Yaqui, Sonora. González (1991) detectó lindano, dieldrín, y endrín con sus isómeros respectivos, en seis de los ocho pozos que fueron monitoreados, los cuales suministran el agua potable a varias comunidades rurales. En la mayoría de estos pozos se rebasa las normas mexicanas de calidad para consumo humano (Cuadro 15).

Cuadro 15. Concentración de plaguicidas (mg/l) en ocho pozos de aprovisionamiento de agua potable en comunidades rurales del Valle del Yaqui, Sonora (González, 1991)<sup>17</sup>.

comunidad	HCH (isómero dieldrín del lindano)		endrín	DDT total
Mora Villalobos	0.000041	0.0000049	0.0160	ND
Ejido 31 de Octubre	0.000072	ND	0.0050	ND
Quetchehueca	0.000082	0.0000040	ND	ND
Altod de Jecopaco	ND	ND	ND	ND
Ejido 19 Noviembre	ND	0.0000050	0.0450	0.0470
Ejido Tesopobampo	0.000098	ND	ND	ND
Ejido F. Villa	0.000042	ND	ND	ND
Ejido Cuahutemoc	ND	ND	ND	ND
norma México	0.000020	0.0000010	0.0001	0.0001
norma USEPA	0.000010	0.0000700	0.00001	0.00001

ND: No Detectado

<sup>17</sup> El dieldrín, endrín y DDT están prohibidos y el lindano está restringido para su uso en México (Secretaría de Salud, Catálogo Oficial de Plaguicidas. D.O.F. 19 de agosto de 1991).

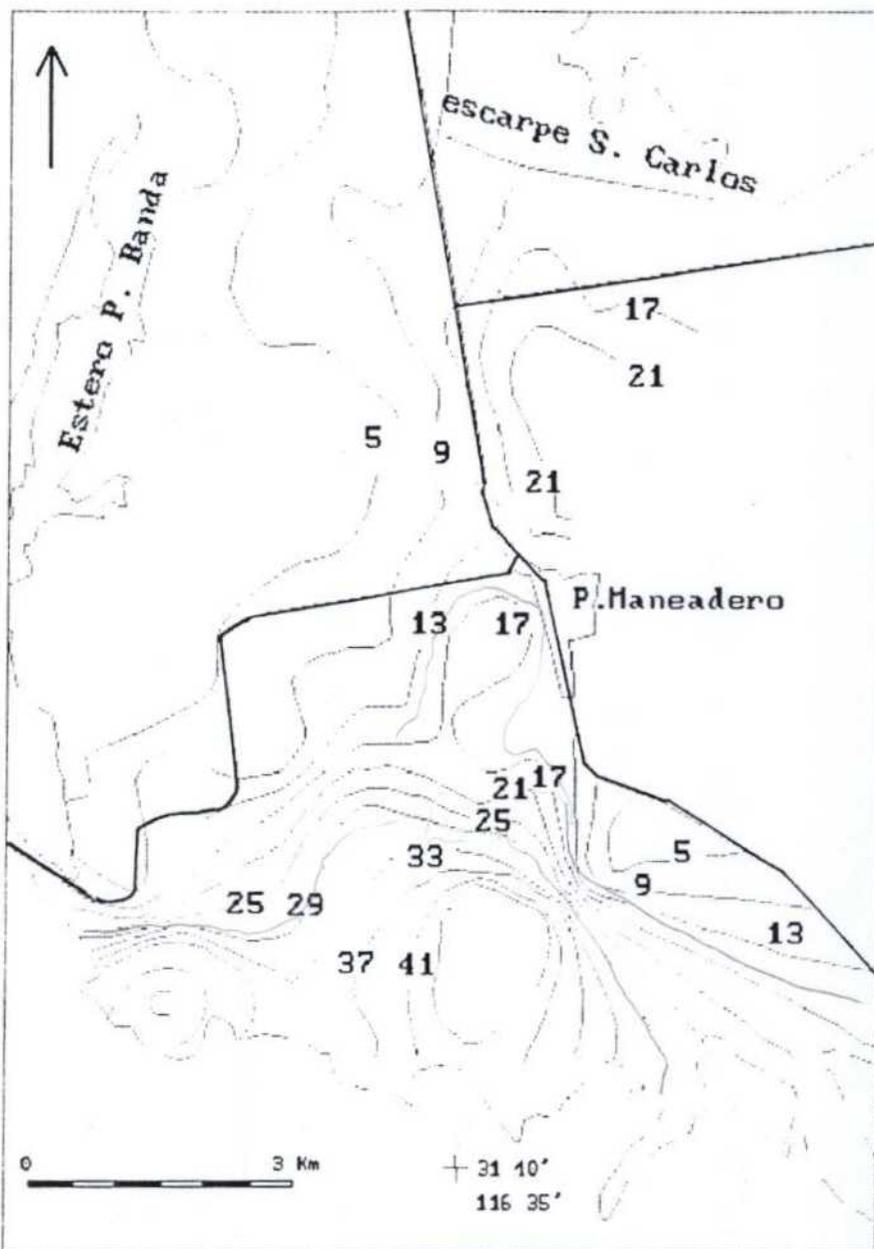
## **Capítulo 4. Vulnerabilidad del acuífero del Valle de Maneadero**

### **4.1. Niveles Estáticos (NE)**

En la planicie costera del Valle de Maneadero la profundidad promedio varía de cinco a cuarenta y cinco metros (mapa 5). Como se observa, las profundidades más altas se tienen en la parte sur del Valle y las profundidades más bajas pegadas a la línea de costa y en una pequeña porción de la parte sureste (arroyo el zorrillo). La profundidad promedio se obtuvo de datos promedio del período 1974 a 1994.

Para poder traslapar este mapa con otros y así obtener la vulnerabilidad del acuífero se ha clasificado el mapa 5 en tres categorías relacionadas con la vulnerabilidad del acuífero a ser afectado por una carga contaminante:

Profundidad al Nivel Estático Alto con valor 3 cuando la profundidad sea menor a 15 metros; Medio con valor de 2 cuando la profundidad esté entre 15 y 29 m; Bajo con valor de 1 cuando la profundidad sea mayor a 30 m.



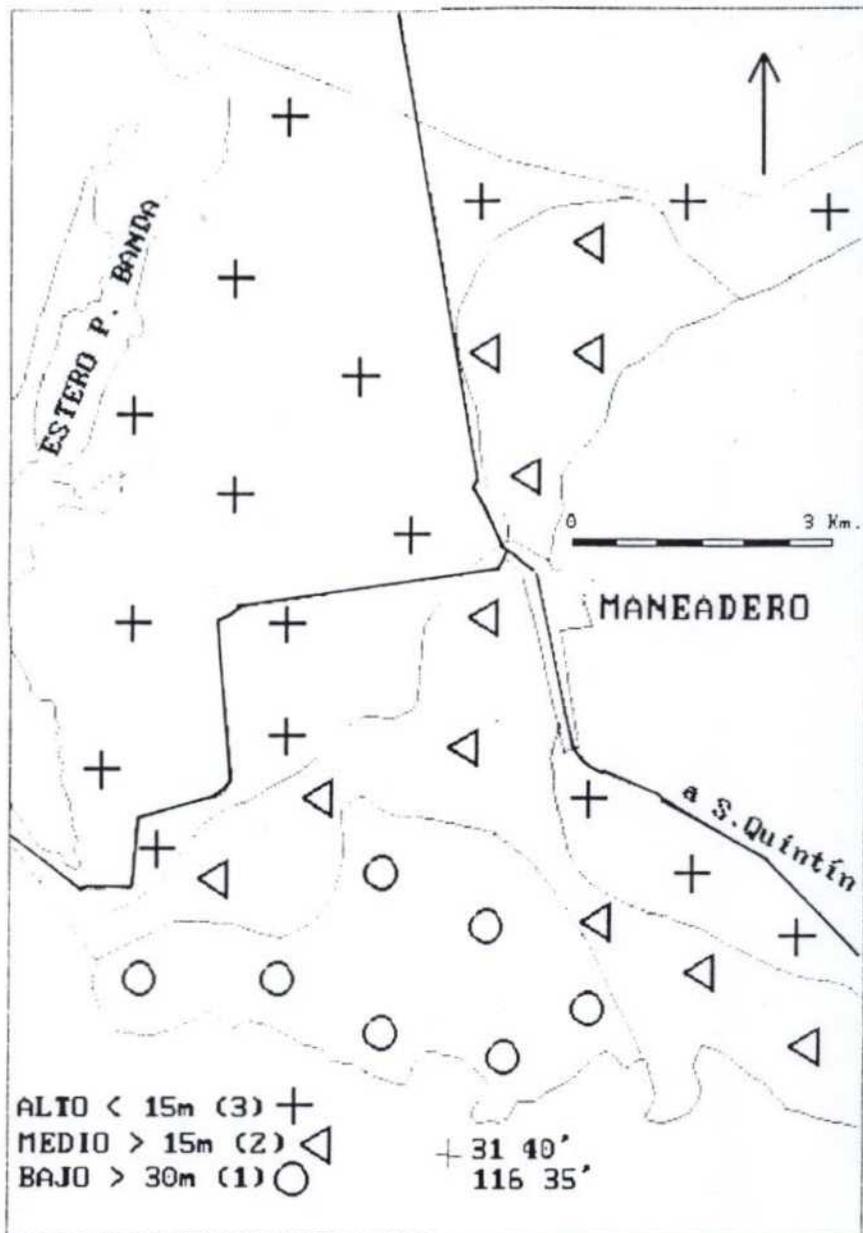
Mapa 5. Profundidad promedio al nivel estático. (agosto de 1974 a noviembre de 1994). Sarmiento, 1996. Riesgo de Contaminación del Acuífero de Maneadero

De esta forma se obtiene el mapa 6, el cual ya está clasificado, En este se observa que existen grandes áreas con valor 3 (aproximadamente el 50 % del Valle), es decir con una alta posibilidad de que una carga contaminante sobrepase el pequeño espesor de la capa no saturada del acuífero.

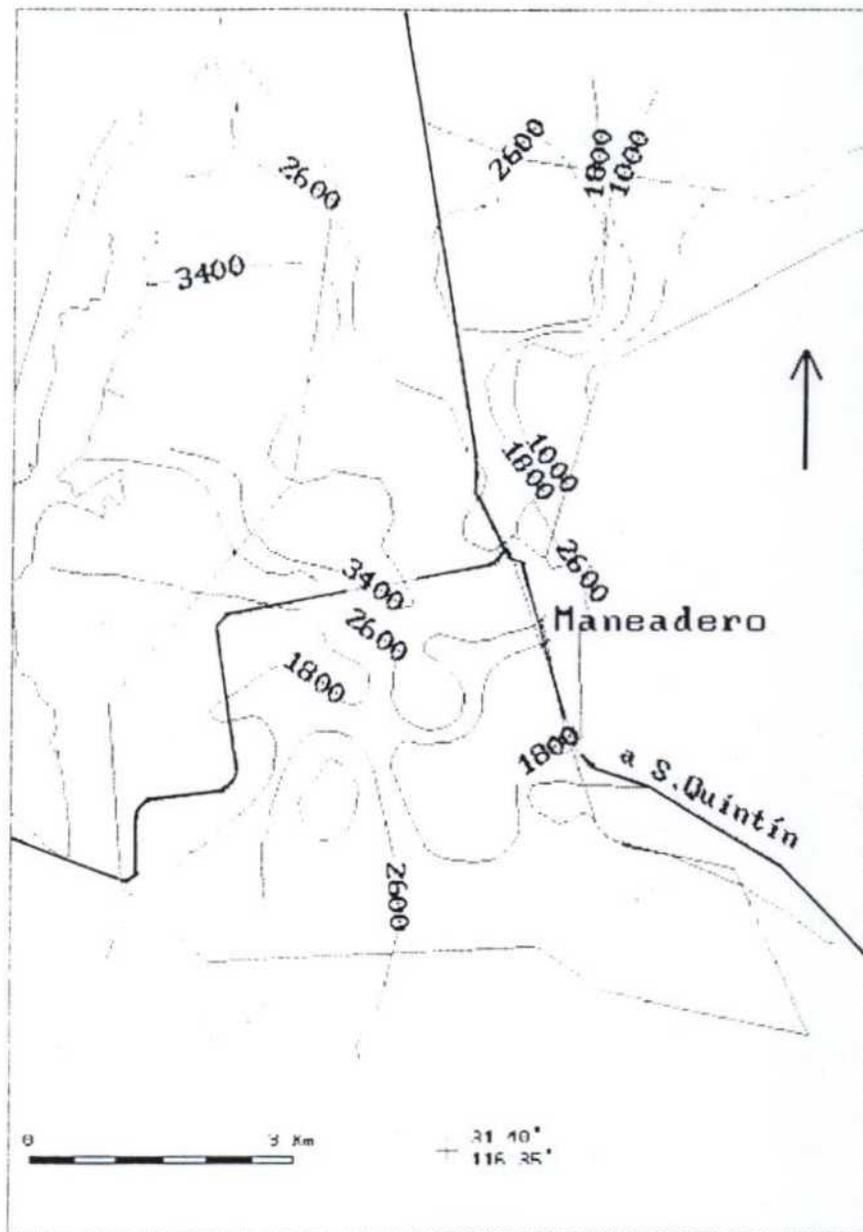
#### **4.2. Transmisividad hidráulica (T)**

La Transmisividad hidráulica (T) para las planicie costera del Valle de maneadero se aprecia en el mapa 7. Aquí se observan las isoclinas de transmisividad en  $m^2/día$  donde los valores sobrepasan los  $1000 m^2/día$  considerandose como muy altos, según el cuadro 5, lo cual indica la alta permeabilidad hidráulica que tiene este acuífero.

Los valores más altos de T se encuentran principalmente en la porción centro-noroeste del Valle, y los valores más bajos en la porción este.



Mapa 6. Clasificación de profundidades al nivel estático  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdoba, 1996

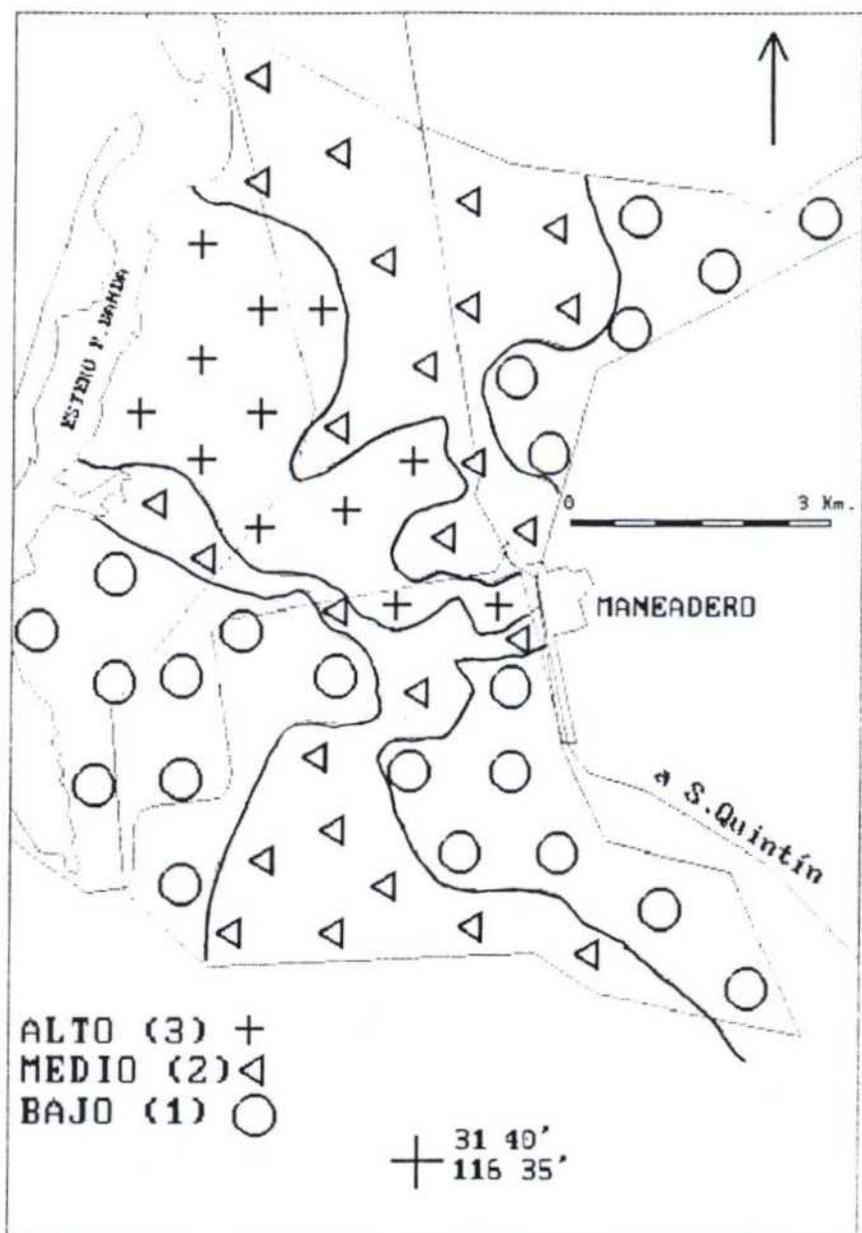


Mapa 7. Isolíneas de Transmisividad (m<sup>2</sup>/día).  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdoba, 1996.

De igual forma que el mapa de profundidades al nivel estático, se clasifica este mapa de T en tres categorías:

Extremadamente Alto con valor de 3 cuando los valores de T son mayores a 2,600 m<sup>2</sup>/día, muy alto con valor de 2 cuando los valores de T se encuentren entre 1,800 y 2,599 m<sup>2</sup>/día, y alto con valor de 1 cuando los valores de T esten entre 1,000 y 1,800 m<sup>2</sup>/día.

De esta forma se obtiene el mapa 8, donde se observa que en la mayoría del Valle la Transmisividad es clasificada como muy alta y alta.

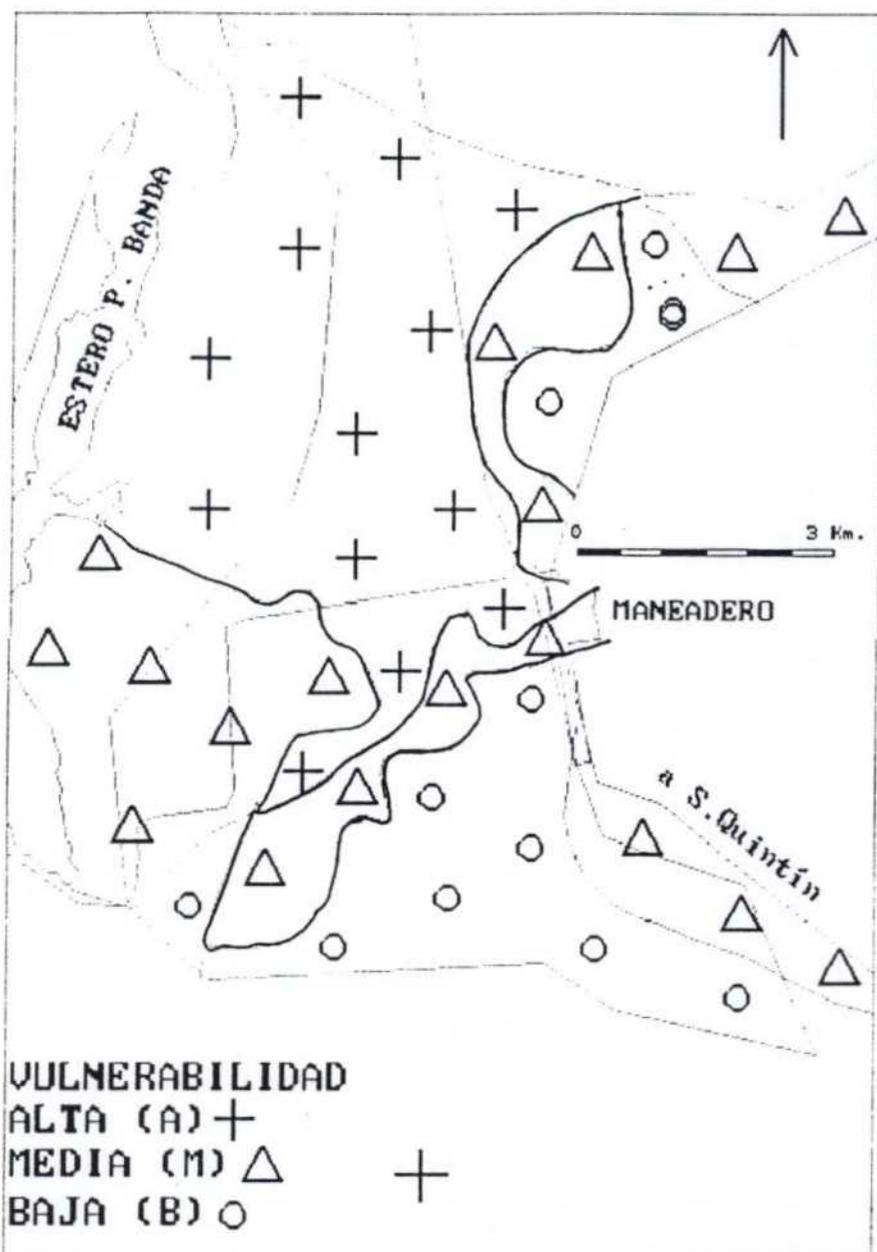


Mapa B. Clasificación de la Transmitividad (T)  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. Gustavo Córdova B. 1996.

#### 4.4. Índice de vulnerabilidad

Una vez obtenido los mapas clasificados de Profundidad al Nivel Estático y el de Transmisividad se obtiene al traslapar estos dos un tercer mapa, el de vulnerabilidad del acuífero (mapa 9).

En este mapa se observa que existe un alta vulnerabilidad con valor de 3 en la porción centro-noroeste, aproximadamente de la carretera Ensenada-San Quintín incluyendo la parte norte del poblado de Maneadero hacia la línea de costa. La vulnerabilidad media con valor de 2 la encontramos principalmente como una franja en diagonal que parte de la porción noreste del valle, atravieza la parte media del poblado de maneadero y se dirige hacia el soroeste del aproximandose al pie de monte de la sierra sur, también se observa una pequeña porción de media vulnerabilidad al sur del poblado, pegado a la sierra tres hermanos. Por último la vulnerabilidad baja con valor de 1 la encontramos principalmente en la porción sur del valle de maneadero.



Mapa 9. Vulnerabilidad del acuífero clasificada  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE G. Córdova B. 1996

Como se ha podido constatar la vulnerabilidad que presenta el acuífero del Valle de maneadero es muy alta, esto debido principalmente a los altos valores de transmisividad mayores a  $1000 \text{ m}^2/\text{día}$  lo que indica que la litología está constituida principalmente por materiales altamente permeables a una carga hidráulica, como lo son la grava y la arena.

También contribuye a la vulnerabilidad en forma importante las profundidades al nivel estático, con una buena porción del valle con profundidades menores a 17 metros, aunque Montgomery , et al, 1984 citado por Foster, et al 1994, recomienda un espesor de 10 metros para una autopurificación óptima de la zona no saturada.

En este trabajo diferimos del mencionado autor ya que la autopurificación de contaminantes depende en gran medida del transporte de los mismos. Si tenemos una transmisividad hidráulica alta, como es el caso del Valle de Maneadero, la autopurificación se reduce ya que el tiempo requerido para que se den las reacciones bioquímicas, también se reduce.

Además hay que tomar en cuenta el tipo de materiales encontrados en las capas del subsuelo.

Por otro lado conviene hacer una aclaración al respecto de la vulnerabilidad encontrada:

Por la forma de la superficie piezométrica (Sarmiento, *op cit*) se observa que la porción hacia el sur del cauce del arroyo "el zorrillo o las Animas", se tiene una zona de falla asociado a la denominada Agua Blanca. Hidráulicamente esta zona actúa como resumidero, por lo que el criterio de la profundidad al nivel estático no representa la real vulnerabilidad, situación que debe ser reflejada en la T, sin embargo, este parámetro no se conoce con el detalle en el lugar, ya que los principales pozos que tienen pruebas de bombeo están en la porción más interior del Valle y sobre el cauce del arroyo.

## **Capítulo 5. Carga Contaminante en el Valle de Maneadero**

Las principales fuentes contaminantes identificadas en el Valle de Maneadero en relación con la contaminación del acuífero son: Las aguas residuales domésticas del poblado de Maneadero, las aguas residuales de establos lecheros, los lixiviados de dos basureros o tiraderos a cielo abierto, y los agroquímicos vertidos por la agricultura de riego.

### **5.1. Aguas residuales domésticas**

#### **5.1.1. Descripción general**

El vertimiento de aguas residuales domésticas en el Valle de Maneadero se lleva a cabo principalmente a través de letrinas y fosas sépticas en la comunidad de Maneadero la cual tiene, como ya se mencionó anteriormente una población de 14,026 hab la cual genera un volumen aproximado de 2,103,900 l/día, es decir unos 24 l/seg, este volumen calculado con base en la relación de que una persona desecha 150 litros por día (Genez y Gervois, 1983).

Esta cantidad de aguas residuales son vertidas directamente al subsuelo por una gran cantidad de letrinas y fosas sépticas distribuidas en una superficie de aproximadamente 153 hectáreas (Poblado de maneadero). Si dividimos el volumen vertido entre la superficie, tenemos un total de  $13.75 \text{ m}^3/\text{ha}$  o  $1.37 \text{ l/m}^2$ .

Para dar una idea de la composición del agua residual doméstica vertida en la región del Valle de Maneadero, se exponen los valores promedio de algunos parámetros indicadores de la calidad del agua residual del afluente que llega a la planta de tratamiento "El Gallo" de la ciudad de Ensenada (cuadro 16), a la vez se incorporan los límites máximos permisibles que maneja la normatividad mexicana. Esto se hace en el sentido de tomar algún patrón de referencia para nuestro estudio, ya que se carece de un monitoreo de la calidad del agua residual del poblado Rafael Sanchez Taboada (Maneadero), principal fuente generador de agua residuales en el Valle.

Cuadro 16. Parámetros indicadores de la calidad del agua residual de Ensenada, medidos en el afluente de la planta de tratamiento "El Gallo".

Parámetro	Unidad	valor	Norma Mex. aguas tratadas	Mex. para residuales	Norma Mex. Riego agrícola*
Temperatura	°C	19.52	40		-
pH	-	7.45	6.0-8.0		4.5-9.0
DQO	mg/l	1,331.4	80		-
		3			
DBO, 5	mg/l	456.06	30		-
Nitrógeno tot.	mg/l	54.86	30		-
Sólidos Suspendidos	mg/l	140.36	30		-
totales SST					
grasas/aceites	mg/l	144.83	70		-
alcalinidad	mg/l	417.43	-		-
coliformes					
totales	NMP/100 ml	111,000	1000		1000
conductividad eléctrica	umhos/cm	2,230	2500		1000
fenoles	mg/l	.00044	10		
Manganeso	mg/l	.34	-		-
Zinc	mg/l	.2	2		-
cromo	mg/l	<.001	.2		-
fósforo	mg/l	9.09	-		-
fosfato total	mg/l	-	5		

Fuente: Agua Mejor, S.A. de C.V. 1995. Planta de tratamiento de Aguas Residuales Municipales de las Ciudad de Ensenada, B.C. ("Casa pinta"). Proyecto General.p.220

Si tomamos como base la cantidad de aguas residuales vertidas en un día por la población de Maneadero y la concentración de algunos contaminantes encontrados en el agua residual de Maneadero, obtenemos las cantidades producidas de carga de

algunos parámetros indicadores de contaminación del agua:  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitrógeno y Sólidos  
 Suspendidos Totales (Cuadro 17)

Cuadro 17. Carga contaminante en el agua residual doméstica del poblado de Maneadero, B.C. (2,103.9 m<sup>3</sup>/día) medida con base en algunos parámetros indicadores de contaminación.

1

parámetro indicador	concentración* normal en efluentes (mg/l)	Norma Of. mexicana (mg/l)**	límite máximo kg/día	kg/día	Ton/año
DBO	456.00	30	63	959.37	350.17
Nitrógeno	54.86	30	63	115.41	42.12
SST	295.30	30	63	295.30	107.78

\*Dato tomado del monitoreo del influente a la planta de tratamiento de aguas residuales de Ensenada "el Gallo". Agua Mejor, S.A. de C.V.

\*\* Norma para aguas residuales tratadas, CNA.

### **5.1.2. Evaluación final de la carga por aguas residuales domésticas**

De acuerdo con la base conceptual descrita en el capítulo de metodología se hace una evaluación sistemática con los cuatro criterios para evaluar la carga contaminante de las aguas residuales domésticas en el Valle.

#### **1. Clase del contaminante:**

Las aguas residuales domésticas presentan una degradación rápida, ya que contiene principalmente materiales orgánicos que son transformados fácilmente en reacciones bioquímicas por los microorganismos del suelo y por el intercambio cationes.

#### **2. Intensidad de la contaminación:**

La concentración del contaminante es alta según los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y la proporción de recarga afectada es considerable, si tomamos en cuenta las 153 has donde se vierten estas aguas.

#### **3. Modo de disposición del contaminante**

El modo de disposición del contaminante al subsuelo es directo y a una profundidad de 3 metros con una carga hidráulica de 20 mm/día (letrina seca) y una precipitación pluvial de 260 mm/año.

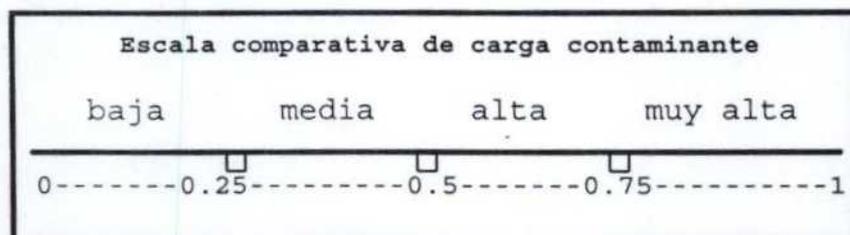
#### 4. Tiempo de aplicación de la carga contaminante.

El tiempo de aplicación de la carga contaminante es de años a décadas con una probabilidad de carga de más del 90%.

En el cuadro 18 se expone el índice de carga contaminante del agua residual doméstica del Valle de Maneadero y se compara el resultado con la escala establecida en el capítulo de metodología.

Cudro 18. Evaluación de la carga contaminantes del agua residual doméstica del Valle de Maneadero.

característica del contaminante	definición	evaluación cualitativa	índice de carga (0-1)
1.clase de contaminante	-degradación	rápida	0.3
	-retardación (transporte)	fuerte	
2.intensidad de la contaminación	-concentración (valores OMS)	alta	0.6
	-recarga	multipuntual	
3.disposición del contaminante	-carga hidráulica	20 mm/día	0.6
	-profundidad de descarga	3m - PNE=17m	
4.tiempo de aplicación de la carga	-probabilidad de carga	100%	0.9
	-tiempo de aplicación	de años a décadas	
total/4			0.6

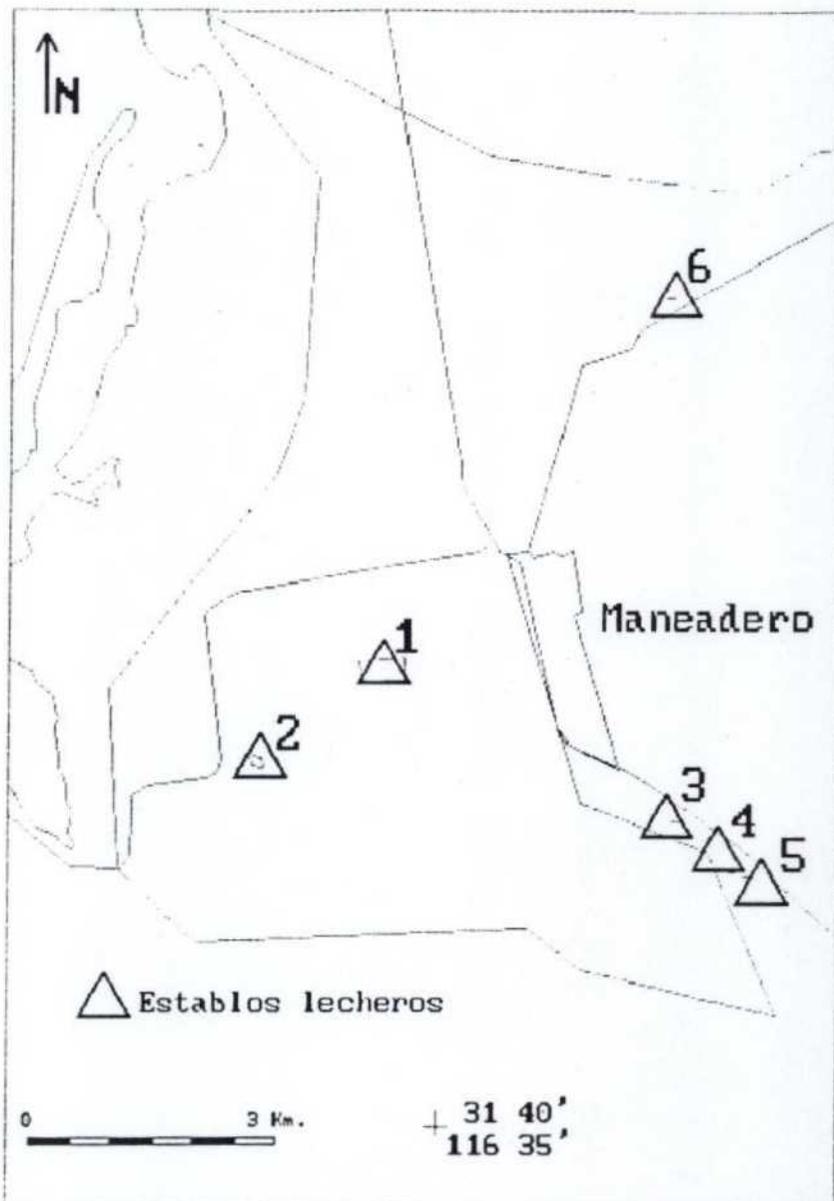


## 5.2. Aguas residuales de la ganadería

### 5.2.1. descripción general.

La principal fuente de aguas residuales de origen ganadero son los seis establos lecheros asentados en el valle (mapa 10). En estos establos existe una cantidad promedio de 750 cabezas de bovinos, los cuales generan una cantidad de 2,235 kg/día de excretas con un contenido de humedad del 90 %, lo que significa un volumen aproximado de 2011.5 l/día de agua residual y un volumen de 9,750 l/día de orina. La suma de estos volúmenes es de 11,761.5 l/día. En un año la cantidades estimadas son de 815.7 toneladas de excremento y 3,558.6 m<sup>3</sup> de orina con alto contenido de nitrógeno. Estos datos se han obtenido de la relación que se establece en el cuadro 10 citado anteriormente.

Entre los establos existe una gran diferencia en cuanto a la cantidad de bovinos existentes, mientras en un establo se tienen 650 cabezas en los otros cinco establos no se supera las cincuenta reses. En el cuadro 10, se expone la cantidad del agua residual vertida y las cantidades de algunos de los principales contaminantes en los establos lecheros del Valle.



Mapa 10. Localización de establos lecheros, U. Maneadero  
Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
El Colef-CICESE. G. Córdoba, 1996.

**Cuadro 20. Cantidad estimada de algunos contaminantes del agua residual de los establos lecheros localizados en el Valle de Maneadero.**

establos	No. de cabezas	Excremento (90% humedad) ton/año	orina m <sup>3</sup> /año	DBO ton/año	N ton/año	P ton/año
Establo 1	650	707	3,084	189.80	45.07	8.06
Establo 2	40	43.5	189.8	11.68	2.77	0.49
Establo 3	15	16.3	71.2	4.38	1.04	0.18
Establo 4	15	16.3	71.2	4.38	1.04	0.18
Establo 5	15	16.3	71.2	4.38	1.04	0.18
Establo 6	15	16.3	71.2	4.38	1.04	0.18
<b>TOTAL</b>	<b>750</b>	<b>815.7</b>	<b>3,558.6</b>	<b>219.00</b>	<b>52.00</b>	<b>9.27</b>

cantidad total de carga hidráulica = 4292.73m<sup>3</sup>/año, asumiendo una densidad de 1 para el excremento y para la orina.

### **5.2.2. Evaluación final de la carga por las aguas residuales de la ganadería.**

De acuerdo con la base conceptual descrita en el capítulo de metodología se hace una evaluación sistemática de la carga contaminante por medio de los cuatro criterios para las aguas residuales de origen ganadero en el Valle.

#### **1. Clase del contaminante:**

Las aguas residuales de origen ganadero presentan una degradación lenta, ya que contiene principalmente materiales orgánicos ricos en nitrógeno, que eventualmente se convierte en nitrato (NO<sub>3</sub>) el cual tiene una alta movilidad en el

suelo, por lo que los procesos de degradación bioquímica casi no ocurren si tomamos en cuenta que el suelo donde son vertidos estos materiales es altamente permeable.

#### 2. Intensidad de la contaminación:

La concentración del contaminante es alta según los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y la proporción de recarga afectada es baja, si tomamos en cuenta que esta carga contaminante es vertida en una superficie de 20 has.

#### 3. Modo de disposición del contaminante:

El modo de disposición del contaminante al subsuelo es directo y superficial, con una carga hidráulica de contaminante muy alta de 48.78 mm/día y una precipitación pluvial de 260 mm/año. La profundidad promedio al nivel estático oscila entre los 13 metros.

#### 4. Tiempo de aplicación de la carga contaminante.

El tiempo de aplicación de la carga contaminante es de años a décadas con una probabilidad de carga de más del 90%.

En el cuadro 20, se expone el índice de carga contaminante del agua residual de tipo ganadero del Valle de Maneadero.

Cudro 20. Evaluación de la carga contaminantes del agua residual de origen ganadero (establos lecheros) en el Valle de Maneadero, B.C.

característica del contaminante	definición	evaluación cualitativa	índice de carga (0-1)
1.clase de contaminante	-degradación	muy lenta	0.8
	-retardación (transporte)	insignificante	
2.intensidad de la contaminación	-concentración (valores OMS)	alta	0.7
	-recarga	puntual	
3.disposición del contaminante	-carga hidráulica	48.74 mm/día	0.4
	-profundidad de descarga	superficial PNE=13m	
4.tiempo de aplicación de la carga	-probabilidad de carga	100%	0.9
	-tiempo de aplicación	de años a décadas	
total/4			0.7

### 5.3. Lixiviados de basureros o tiraderos de desechos sólidos.

#### 5.3.1. descripción general

Las principales fuentes de desechos sólidos en el Valle de Maneadero son dos basureros (o tiraderos de basura a cielo abierto). Uno se localiza en la porción noreste y el otro en el sureste del Valle, ambos sobre la ladera de una cañada. El primer basurero dirige sus lixiviados hacia el arroyo San Carlos y la segundo sobre el arroyo las Animas (Mapa 11).

El basurero norte, recibe la basura del Ejido Chapultepec y del Ciprés, además de basura industrial y comercial. La cantidad de basura que llega a este lugar supera las cinco toneladas por día<sup>18</sup>.

Por su parte el basurero localizado al sur recibe principalmente la basura generado en el poblado Rafael Sanchez Taboada (Maneadero). Según estimaciones hechas, tomando como base la población del lugar de 1996 (14,026 hab.) y la relación de 700 gramos de basura por día por

---

<sup>18</sup> Entrevista con el señor Ernesto Rodríguez Ponce, dueño y Habitante del predio donde se localiza el basurero



**Mapa 11. Localización de los Basureros. U. Maneadero  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdova, 1996.**

habitante que establecen Rapoport et al (1983) para el estado de México y Norzagaray (1996) para la Ciudad de Tijuana, tenemos un total de 9.81 toneladas/día.

Se puede hablar entonces, de una cantidad de desechos sólidos superior a las 14 toneladas diarias, o bien alrededor de las 5,000 toneladas al año de basura, las cuales están dirigiendo sus lixiviados con una gran variedad de contaminantes hacia el acuífero.

Esta cantidad de contaminantes susceptibles de ser lixiviados hacia el manto acuífero, depende sin embargo, de una gran cantidad de factores como la precipitación del lugar y de las condiciones geofísicas, es decir de la vulnerabilidad del acuífero.

### **5.3..2. Evaluación final de la carga por lixiviados de basura**

De acuerdo con la base conceptual descrita en el capítulo de metodología se ha hecho una evaluación sistemática de la carga contaminante por los cuatro criterios para los lixiviados de

los dos basureros o tiraderos de desechos sólidos en el Valle de Maneadero.

#### 1. Clase del contaminante:

Los lixiviados de los basureros presentan una degradación lenta principalmente por la ausencia de agua, vital para que se den los procesos de degradación biológica y química. La retardación de los contaminantes es por lo tanto insignificante.

#### 2. Intensidad de la contaminación:

La concentración del contaminante es baja según los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y la proporción de recarga afectada es muy baja, si tomamos en cuenta que los dos basureros no ocupan una superficie mayor a 5 has.

#### 3. Modo de disposición del contaminante

El modo de disposición del contaminante al subsuelo es directo y superficial, sin ninguna obra de infraestructura parecida a un relleno sanitario. La carga hidráulica del contaminante no se pudo estimar y se toma en su lugar a la precipitación pluvial media de la región de 260 mm/año. La

profundidad al nivel estático en ambos basureros es superior a los 17 metros.

#### 4. Tiempo de aplicación de la carga contaminante.

El tiempo de aplicación de la carga contaminante es de años a décadas con una probabilidad de carga de más del 90%.

En el cuadro 22. se expone la evaluación de la carga por medio de índices estimados para los lixiviados de los dos basureros del Valle de Maneadero y se compara el resultado con la escala establecida en el capítulo de metodología.

Cuadro 22. Evaluación de la carga contaminantes de lixiviados de basura (14 ton/día) en el Valle de Maneadero, B.C.

característica del contaminante	definición	evaluación cualitativa	índice de carga (0-1)
1.clase de contaminante	-degradación	lenta	0.7
	-retardación (transporte)	insignificante	
2.intensidad de la contaminación	-concentración (valores OMS)	baja	0.2
	-recarga	puntual	
3.disposición del contaminante	-carga hidráulica	260* mm/año	0.2
	-profundidad de descarga	superficial PNE >17m	
4.tiempo de aplicación de la carga	-probabilidad de carga	100%	0.8
	-tiempo de aplicación	de años a décadas	
total/4			0.47

\*Precipitación pluvial por año en la región

## **5.4. Agroquímicos**

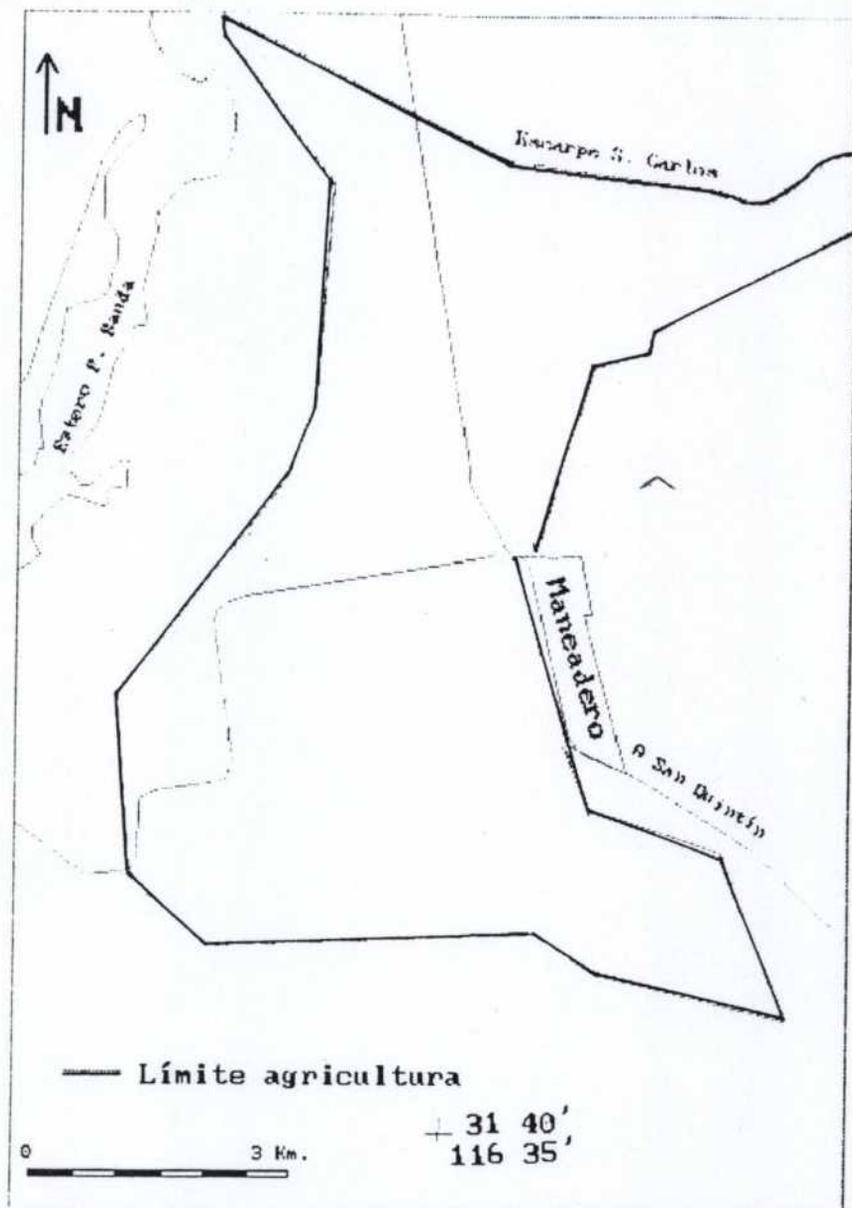
### **5.4.1. Descripción general del uso de fertilizantes y plaguicidas**

La cantidad de fertilizante y plaguicida que se vierte al Valle fue estimada con base en la información de los paquetes tecnológicos para cada cultivo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de la oficina de campo de Ensenada.

La aplicación de agroquímicos se realiza en una superficie de aproximadamente 6,900 has (Mapa 12).

Fertilizantes.

En cuanto a los fertilizantes tenemos a los tres más usados en los cultivos agrícolas, estos son: el Nitrógeno, Fosforo y Potasio. En el cuadro 22 se expone la cantidad que normalmente se aplica de fertilizante por hectárea y por cultivo. En este cuadro se aprecia que la mayor cantidad de nitrógeno (principal fertilizante contaminante del agua subterránea) se aplica a los cultivos de la cebolla, jitomate de vara, la papa, chile, repollo y jitomate de piso, en este orden.



Mapa 12. Superficie de riego (6,900 has) U. Maneadero  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE G. Córdoba, 1996

**Cuadro 22. Cantidad aplicada de fertilizante en kilogramos por hectárea en cultivos del Valle de Maneadero, B.C.**

Cultivos	nitrógeno	fosforo	potasio
jitomate-s	175	60	60
calabacita	160	60	0
papa	230	100	100
cilantro	150	60	0
maíz	120	50	0
chicharo	50	50	0
cebolla	500	0	300
tomate-v	250	100	80
chile	200	60	60
repollo	200	60	60
lechuga	160	60	0
cebollín	160	0	0
ejote	80	80	0
rábano	160	60	0
brocoli	180	60	60
pepino	180	60	60
sandía	150	50	0
flor	ND	ND	ND
espinaca	ND	ND	ND
alcachofa	ND	ND	ND
zanahoria	ND	ND	ND
rye grass	120	60	0
alfalfa	0	218	0
cebada-f	160	60	0
cebada-g	160	60	0
avena	160	60	0
olivo	150	60	0

ND = No Determinado

Fuente: INIFAP-Oficina de campo Ensenada, B.C.

Para darnos una idea de la cantidad de fertilizantes vertido en el Valle de Maneadero en el periodo 1990-1995 se han hecho estimaciones por medio de la multiplicación de la cantidad de fertilizante aplicado por hectárea (cuadro 23) y la suma de las hectáreas por cultivo

sembradas en el periodo 1990-1995 (Cuadro 1, Cap. 1), de esta forma se ha obtenido el cuadro 24. Como podemos apreciar las cantidades acumuladas de fertilizante en cinco años es de 3,748 toneladas, de las cuales 1,932 pertenece a los fertilizantes con nitrógeno (N), 1,427 con fósforo (P) y 389 con potasio (K).

El fertilizante a base de nitrógeno es el contaminante potencial más importante que puede llegar al acuífero, como ya se documentó ampliamente en el apartado 5.1.3.2. de este capítulo.

Este fertilizante presenta una alta movilidad en el suelo y su transformación a otros compuestos ocurre por reacciones bioquímicas principalmente, lo que hace suponer que los posibles contaminantes como el nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) no alcancen a ser transformados por los microorganismos del suelo, debido a su rápida movilidad. Si a esto le sumamos un tipo de suelo altamente permeable y una profundidad baja al manto freático, como lo es el caso del Valle de Maneadero, es muy probable que los niveles de Nitrógeno sobrepasen las normas de calidad de agua para consumo humano.

**Cuadro 23. Cantidad de fertilizante (toneladas) por cultivo aplicado en el periodo 1990-1995, en el Valle de Maneadero, B.C.**

Cultivos	total.ha 1990-95	N	P	K
jitomate-s	3,155	552.1	315.5	252.4
calabacita	899	143.8	0	0
papa	837	192.5	83.7	83.7
cilantro	612	91.8	36.7	0
maíz	579	69.9	28.9	0
chicharo	553	27.6	27.6	0
cebolla	264	132.0	79.2	0
jitomate-v	250	62.5	25.0	20.0
chile	242	48.4	14.5	14.5
repollo	185	37.0	11.1	11.1
lechuga	183	29.3	11.0	0
cebollín	142	22.7	8.5	0
ejote	83	6.6	6.6	0
rábano	79	11.8	4.7	0
brocoli	78	14.0	4.7	4.7
pepino	57	10.2	3.4	3.4
sandía	48	7.2	2.4	0
flor	161	ND	ND	ND
espinaca	81	ND	ND	ND
alcachofa	15	ND	ND	ND
zanahoria	13	ND	ND	ND
rye grass	43	5.2	2.6	0
alfalfa	2,658	0	579.0	0
cebada-f	951	152.1	57.06	0
cebada-g	111	17.7	6.6	0
avena	189	30.2	11.3	0
olivo*	1,775	266.2	106.5	0
fertilizante TOTAL=3748		1932	1427	389

\* cultivo perene ND = No Determinado

N,P,K = principal componente del fertilizante

Fuente: INIFAP-Oficina de campo Ensenada, B.C.

Si dividimos las 3,748 toneladas de fertilizante en 5 años tenemos una carga de 749.6 toneladas por año. Para obtener una carga hidráulica de este fertilizante, se asume que una tonelada es igual a un metro cúbico

suponiendo una densidad del fertilizante de uno, el resultado es por lo tanto, igual a 749.6 m<sup>3</sup>/año

### **Plaguicidas.**

La cantidad de plaguicidas que se aplica por cultivo y por hectárea se muestra en el cuadro 24. En este cuadro se puede observar que son 7 los cultivos que demandan mayor cantidad de plaguicidas, a saber: la sandía con 75.05 Unidades estandard (litros o kilogramos); jitomate de suelo con 60.4; lechuga con 59.9; cile con 59.7; pepino con 57.8; papa con 57.45 y calabacita con 52.

Los cultivos que menos demandan plaguicidas son: los forrageros, Rye grass, alfalfa con nada de aplicación, avena con 2 unidades estandard (l o kg) y las hortalizas, cilantro con 3, rábano con 4, chícharo con 5 y ejote con 6.

**Cuadro 24. Cantidad de plaguicidas en kilogramos (unidades STD\*) por hectárea aplicados en cultivos del V.de Maneadero.**

Cultivos	insec- ticida	fungi- nemati cida	herbi- cida	suma
jitomate-s	12.40	36.00	12.00	60.40
calabacita	9.50	25.50	17.00	52.00
papa	7.45	12.50	37.50	57.45
cilantro	1.00	4.00	0	5.00
maíz	6.50	0.30	3.50	10.30
chicharo	2.10	4.00	0	6.10
cebolla	3.80	10.00	29.50	43.30
tomate-v	11.40	25.50	0	37.40
chile	12.20	12.00	35.50	59.70
repollo	11.90	6.00	0	17.90
lechuga	2.90	6.00	25	59.90
cebollín	4.30	10.00	29.50	42.70
ejote	2.80	4.00	0	6.80
rábano	2.00	4.00	0	6.00
brocoli	6.40	4.00	17.00	34.40
pepino	7.50	19.50	30.50	57.80
sandía	9.05	34.00	32.00	75.05
flor	ND	ND	ND	ND
espinaca	ND	ND	ND	ND
alcachofa	ND	ND	ND	ND
zanahoria	ND	ND	ND	ND
rye grass	0	0	0	0
alfalfa	0	0	0	0
cebada-f	2	0	11.5	13.50
cebada-g	2	0	11.5	13.50
avena	2	0	0	2
olivo		0.40		0.40

ND = No Determinado

\* Unidad estandar = 1 litro = 1 kilogramo, asumiendo una densidad de 1. esto por la presentación en líquido y sólido.

Fuente: INIFAP-Oficina de campo Ensenada, B.C.

Para tener una idea de la cantidad de plaguicida que se vierte en el valle se hace un recuento de las cantidades aplicadas por cultivo y por la suma de las hectáreas

sembradas en un periodo de cinco años (1990-1995). Los resultados muestran que en este periodo se tiraron al valle 398.8 unidades estandard (m<sup>3</sup> o toneladas) de plaguicidas, de las cuales 74.23 pertenecen al grupo de los insecticidas, 184.93 al grupo de fungicidas y nematicidas, y 139.68 al grupo de los herbicidas (Cuadro 25). Hay que aclarar sin embargo, que a estas cantidades hay que sumarles de un 20 a un 30 % de plaguicidas, según comenta el Ing. Samuel Gómez González<sup>19</sup> y Agrega: "el agricultor no sigue las recomendaciones estrictamente. Generalmente incrementa la aplicación para estar más seguro en el control de plagas y enfermedades, ya que los cultivos que maneja representan altas inversiones y bastantes ganancias a la cosecha".

---

<sup>19</sup> Jefe de campo del INIFAP, Ensenda, B.C.

Cuadro 25. Cantidad plaguicida en toneladas (Unidades STD) por cultivo aplicado en el periodo 1990-1995, V. Maneadero, B.C.

Cultivos	total has. 1990-1995	insecti-cida	Fungi- nemati cida	herbi- cida
jitomate-s	3,155	39.12	113.58	37.86
calabacita	899	8.54	22.92	15.28
papa	837	6.23	10.46	31.38
cilantro	612	0.61	2.44	0
maíz	579	3.76	0.17	20.26
chicharo	553	1.16	2.21	0
cebolla	264	1.00	2.64	7.79
jitomate-v	250	2.85	6.37	0
chile	242	2.95	2.90	8.59
repollo	185	2.20	2.21	0
lechuga	183	0.53	1.01	9.33
cebollín	142	0.61	1.42	4.04
ejote	83	0.65	0.32	0
rábano	79	0.16	0.31	0
brocoli	78	0.49	0.31	1.87
pepino	57	0.43	1.11	1.74
sandía	48	0.44	1.63	1.54
flor	161	ND	ND	ND
espinaca	81	ND	ND	ND
alcachofa	15	ND	ND	ND
zanahoria	13	ND	ND	ND
rye grass	43	0	0	0
alfalfa	2,658	0	0	0
cebada-f	951	1.90	10.94	0
cebada-g	111	0.22	1.27	0
avena	189	0.38	0	0
olivo*	1,775	0	0.71	0
TOTAL=398.8		74.23	184.93	139.68

\* cultivo perene

ND = No Determinado

Fuente: INIFAP-Oficina de campo Ensenada, B.C.

La carga hidráulica de los plaguicidas hacia el acuífero es por los tanto de 398.84 m<sup>3</sup> en cinco años y de 79.76 m<sup>3</sup>/año para toda la superficie del valle.

El número de plaguicidas que se usan en el Valle (según el INIFAP y las entrevistas a expendedoras de estas sustancias), es de 83 plaguicidas con ingrediente activo diferente.

De éstos, 38 pertenecen al grupo de los insecticidas, 23 al grupo de los fungicidas y nematocidas y 22 al grupo de los herbicidas (Cuadros 26 y 27).

Las características principales de estos plaguicidas se describen en forma general a continuación, con la ayuda del Catálogo Oficial de Plaguicidas que aparece en el D.O.F. del 19 de agosto de 1991:

a) Los tipos de plaguicidas pertenecen principalmente a los organofosforados, carbamatos y organoclorados.

b) La toxicidad general de estos plaguicidas es muy variable, pueden ser de una ligera toxicidad hasta una alta toxicidad en algunos casos.

c) La persistencia es en general de media a baja, es decir de un mes a un año.

Por otra parte se encontró que de los 83 plaguicidas usados en el Valle, 39 no aparecen en la lista de los autorizados en el Catálogo Oficial citado anteriormente.

Cuadro 26. Listado de plaguicidas usados\* en el Valle de Manabero y algunas de sus características principales en relación con la contaminación del agua subterránea\*\*.

No.	insecticida	toxicidad	persistencia	tipo	autori- zado
1.	DIMETOATO C38	MODERADA	BAJA	OF	SI
2.	DIMETOATO 40	MODERADA	BAJA	OF	SI
3.	DIMETOATO 30	MODERADA	BAJA	OF	SI
4.	DIMETOATO	MODERADA	BAJA	OF	SI
5.	MALATION 1000	MODERADA	BAJA	OF	SI
6.	MALATION CF84	MODERADA	BAJA	OF	SI
7.	METAMIDOFOS	ALTA	BAJA	OF	SI
8.	METAMIDOFOS LM50	ALTA	BAJA	OF	SI
9.	DIAZINON CE57	MODERADA	BAJA	OF	SI
10.	DIAZINON CE60	MODERADA	BAJA	OF	SI
11.	DIAZINON CE25	MODERADA	BAJA	OF	SI
12.	DIAZINON CE34	MODERADA	BAJA	OF	SI
13.	AZINFOS METILICO	ALTA	BAJA	OF	SI
14.	METOMIL PS90	ALTA	BAJA	CA	SI
15.	METOMIL PSS0	ALTA	BAJA	CA	SI
16.	CARBARIL PH80	MODERADA	BAJA	CA	SI
17.	B. TURINGENSIS	NULA	BAJA	B	SI
18.	ENDOZULFAN	MODERADA	MEDIA	CA	RES.
19.	ENDOZULFAN 35	MODERADA	MEDIA	CA	RES.
20.	FENVALERATO	LIGERA	MEDIA	CA	SI
21.	OXIDIMETON METIL	ALTA	MEDIA	OF	SI
22.	DICOPOL 42	MODERADA	MEDIA	OC	SI
23.	SERVIN 80PH	ND	ND	ND	NO
24.	LANNATE 9PH	ND	ND	ND	NO
25.	TAMARON 600	ND	ND	ND	NO
26.	CARBARILO 80PH	MODERADA	BAJA	CA	SI
27.	PARATION METILIC	EXTREMA	BAJA	OF	SI
28.	DEL TREMETINA	ND	ND	ND	NO
29.	OMETOATO LM84	ALTA	ND	OF	SI
30.	PERMETRINA 34	LIGERA	ALTA	PI	SI
	fungicidas y nematicidas				
31.	MANEB 80PH	MODERADA	BAJA	CA	SI
32.	AZUFRE 98P	LIGERA	BAJA	OS	SI
33.	BENIATE	ND	ND	ND	NO
34.	CARBOFURAN 350L	ALTA	BAJA	CXA	SI
35.	CLOROTALONIL	LIGERA	BAJA	OC	SI
36.	CLOROTALONIL 87	LIGERA	BAJA	OC	SI
37.	CUPRAVIT	ND	ND	ND	NO
38.	CAPTAN	LIGERA	BAJA	CXI	SI
39.	ANILAZINE 50	MODERADA	BAJA	T	SI
40.	FURADAN 350L	ND	ND	ND	NO
41.	HIDROXIDO CUPRIC	LIGERA	BAJA	CU	SI
42.	MANZATE D80	ND	ND	ND	NO
43.	METALAXIL	LIGERA	BAJA	F	SI
44.	QUINTOCENO	LIGERA	BAJA	OC	RES.
45.	TR-ADIMEFON	ND	ND	ND	NO
46.	VIDATE L	ND	ND	ND	NO
	herbicidas				
47.	ATRAZINA	LIGERA	ALTA	T	SI
48.	AFALON	ND	ND	ND	NO
49.	BROMAXIMIL 240	MODERADA	BAJA	ND	SI
50.	BENZULIDE	MODERADA	ALTA	OS	SI
51.	DALAPON	LIGERA	BAJA	OC	SI
52.	DACTHAL	ND	ND	ND	NO
53.	DCPA	ND	ND	ND	NO
54.	DEVRINOL	ND	ND	ND	NO
55.	ENIDE	ND	ND	ND	NO
56.	ESTAMIDE	ND	ND	ND	NO
57.	FURLO	ND	ND	ND	NO
58.	GRAMOZONE	ND	ND	ND	NO
59.	DIFENZOQUAT	ALTA	BAJA	BP	SI

60.	OXIFLUORFEN	ND	ND	ND	NO
61.	PARAQUAT 25F	ALTA	BAJA	BP	SI
62.	PREFAR	ND	ND	ND	NO
63.	RONSTAR	ND	ND	ND	NO
64.	SENCOR	ND	ND	ND	NO
65.	SETOXIDIM	ND	ND	ND	NO
66.	TREFLAN	ND	ND	ND	NO
67.	TRIFLURALINA	ND	ND	ND	NO

\*Según los paquetes tecnológicos para cada cultivo del INIFAP.

\*\*Características obtenidas del catálogo oficial de plaguicidas, D.O.F. del 19 de Agosto de 1991.

OC	ORGANOCLORADO
OF	ORGANOFOSFORADO
CA	CARBAMATO
PI	PIRETROIDE
B	BIOLOGICO
CU	COMPUESTO DE COBRE
CXA	CARBOAXIDAS
CXI	CARBOXIMIDAS
OS	ORGANICOS CON AZUFRE
T	TRIAZINAS
BP	BIPIRIDILOS
ALI	ALIFATICOS

Persistencia

ligeramente	0-1 mes
poco	1-7 meses
medianamente	7-12 meses
altamente	> de 12 meses

Cuadro 27. Plaguicidas que no se encuentran en los paquetes tecnológicos del INIFAP, que sin embargo se venden por algunas casas expendedoras de agroquímicos en el Valle de Maneadero\*.

No.	insecticida	toxicidad	persistencia	tipo	autorizado
68.	METASYSTOX-R	ND	ND	ND	NO
69.	BAYTROID	ND	ND	ND	NO
70.	CURATER 4F	ND	ND	ND	NO
71.	DIPTEREX	ND	ND	ND	NO
72.	DYRENE	ND	ND	ND	NO
73.	PERFEKTHION	ND	ND	ND	NO
74.	THIODAN	ND	ND	ND	NO
75.	CONFIDOR	ND	ND	ND	NO
	fungicida/nematicida				
76.	QUIFOLATAN 500PH	ND	ND	ND	NO
77.	KUMULUS DF	ND	ND	ND	NO
78.	AGRIMY 100	ND	ND	ND	NO
79.	OXITETRACICLINA	LIGERA	ND	ND	SI
80.	DAVISTIN	ND	ND	ND	NO
81.	MANCOZEB	LIGERA	BAJA	CA	SI
82.	SAPROL				
	herbicidas				
83.	GLIFOSATO	LIGERA	BAJA	ALI	SI

\*Obtenidas de Agroquímicos de Maneadero, S.A. de C.V.

#### **5.4.2. Evaluación final de la carga por fertilizantes y plaguicidas**

De acuerdo con la base conceptual descrita en el capítulo de metodología se ha hecho una evaluación sistemática de la carga por agroquímicos generada por la actividad agrícola en el Valle.

Se hace una diferenciación de dos cargas contaminantes diferentes: Fertilizantes y plaguicidas. Cada una de estas se evalúa con los cuatro criterios por separado y al final se traslapan los índices de carga correspondientes a fertilizantes y plaguicidas y se obtiene un sólo índice por agroquímicos.

Fertilizantes.

1. Clase del contaminante:

El principal contaminante de los fertilizantes es el nitrógeno, que eventualmente se convierte de nitrato. La adsorción del nitrato en el suelo es muy baja con una alta movilidad como anión. En el caso de Valle de Manadero la degradación es muy baja si tomamos en cuenta la alta permeabilidad del suelo que evita en gran medida el

intercambio ionico y la biodegradación de los microorganismos.

## 2. Intensidad de la contaminación:

La concentración del contaminante es alta según los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y la proporción de recarga afectada es mediana, si tomamos en cuenta las 6,900 has donde se vierten estas químicos. se considera esta práctica como una contaminación difusa.

## 3. Modo de disposición del contaminante

El modo de disposición del contaminante al subsuelo es directo y superficial con una carga hidráulica contaminante de 0.000060 mm/día y una precipitación pluvial de 260 mm/año. La profundidad al nivel estático varía de 5 a 41 metros.

## 4. Tiempo de aplicación de la carga contaminante.

El tiempo de aplicación de la carga contaminante es de meses a años con una probabilidad de carga de aproximadamente 50%.

En el cuadro 28, se expone el índice de carga contaminante de los fertilizantes en el Valle de Maneadero y se compara el resultado con la escala establecida en el capítulo de metodología.

Cudro 28. Evaluación por índices de la carga contaminante de los fertilizantes en el Valle de Maneadero, B.C.

característica del contaminante	definición	evaluación cualitativa	índice de carga (0-1)
1.clase de contaminante	-degradación	rápida	0.9
	-retardación (transporte)	fuerte	
2.intensidad de la contaminación	-concentración (valores OMS)	alta	0.4
	-recarga	difusa	
3.disposición del contaminante	-carga hidráulica	0.000060 mm/día	0.1
	-profundidad de descarga	superficial PNE=5-41 m	
4.tiempo de aplicación de la carga	-probabilidad de carga	50%	0.7
	-tiempo de aplicación	de meses a años	
total/4			0.52

## **Plaguicidas.**

### **1. Clase del contaminante:**

Los plaguicidas continen una gran cantidad de sustancias consideradas como contaminantes. En forma general se puede decir que los plaguicidas que se aplican en el Valle de Maneadero presentan una degradación lenta de sus ingredientes activos, su persistencia va de meses a un año en la mayoría de los casos. La toxicidad en forma genarl es baja. Los tipos más comunes pertenecen al los llamados organofosforados, organoclorados y carbamatos, los dos primeros identificados generalmente como persistentes y tóxicos.

### **2. Intensidad de la contaminación:**

La concentración del contaminante es alta según los valores guía de la Organización Mundial de la Salud y la proporción de recarga afectada es mediana, si tomamos en cuenta las 6,900 has donde se vierten estas químicos. Se considera esta práctica como una contaminación difusa.

### **3. Modo de disposición del contaminante**

El modo de disposición del contaminante al subsuelo es directo y superficial con una carga hidráulica contaminante

de 0.0000031 mm/día y una precipitación pluvial de 260 mm/año. La profundidad al nivel estático varía de 5-41m.

#### 4. Tiempo de aplicación de la carga contaminante.

El tiempo de aplicación de la carga contaminante es de meses a años con una probabilidad de carga de aproximadamente 50%.

En el cuadro 29, se observa la evaluación por medio de índices de carga contaminante de los plaguicidas en el Valle de Maneadero, donde se observa que el Índice de carga contaminante para los plaguicidas es de 0.52, es decir alto comparado con la clasificación establecida en la metodología.

Tenemos entonces que el índice de carga para los fertilizantes es de 0.52, mientras que para los plaguicidas es de 0.50, por lo tanto al hacer la suma y la división entre dos para obtener la media, el índice de carga por agroquímicos es de 0.51.

Cudro 29. Evaluación de la carga contaminantes de los plaguicidas en el Valle de Maneadero, B.C.

característica del contaminante	definición	evaluación cualitativa	índice de carga (0-1)
1.clase de contaminante	-degradación	rápida	0.7
	-retardación (en transporte)	fuerte	
2.intensidad de la contaminación	-concentración (valores OMS)	alta	0.5
	-recarga	difusa	
3.disposición del contaminante	-carga hidráulica	0.000060 mm/día	0.1
	-profundidad de descarga	superficial PNE=5-41m	
4.tiempo de aplicación de la carga	-probabilidad de carga	50%	0.7
	-tiempo de aplicación	de meses a años	
total/4			0.50

### 5.3. Índice de carga contaminante en el Valle de Maneadero

Una vez obtenidos los índices particulaes de cada carga contaminante se obtiene el índice de carga para el Valle de Maneadero. Los resultados se exponen en el cuadro 30 y Figura

15. En el citado cuadro se observa que el índice de carga contaminante en promedio es de 0.55, es decir alto.

La carga contaminante de agroquímicos con índice alto de 0.51, es producto de la actividad agrícola localizada en la mayor parte de la planicie costera del Valle.

La carga contaminante de aguas residuales domésticas con índice también alto de 0.52, es producto de las descargas a fosas sépticas y letrinas por la población de maneadero, se encuentra distribuida de manera multipuntual en las aproximadamente 153 hectáreas donde se asienta el poblado.

La carga contaminante de aguas residuales de ganadería con índice alto de 0.7, es producto de las descargas al suelo de los establos lecheros asentados en aproximadamente 20 hectáreas dentro del Valle.

Por último la carga contaminante de los lixiviados de basura con un índice medio de 0.47, es producto de la basura que es vertida a los dos basureros localizados en el Valle.

**Cuadro 30. Evaluación final de la Carga Contaminante por medio de índices en el Valle de Maneadero, B.C.**

critérios de evaluación	ARD	ARG	LB	AQ
1.clase de contaminante.	0.3	0.8	0.7	0.8
2.intensidad de la contaminación	0.6	0.7	0.2	0.45
3.Disposición de la carga	0.3	0.4	0.2	0.1
4.Tiempo de aplicación de la carga.	0.9	0.9	0.8	0.7
<b>TOTAL suma/4</b>	<b>0.52</b>	<b>0.7</b>	<b>0.47</b>	<b>0.51</b>

ARD= Aguas Residuales Domésticas

ARG= Aguas Residuales de tipo Ganadero

LB= Lixiviados de Tiraderos de Basura

AQ= Agroquímico (Fertilizantes y plaguicidas)

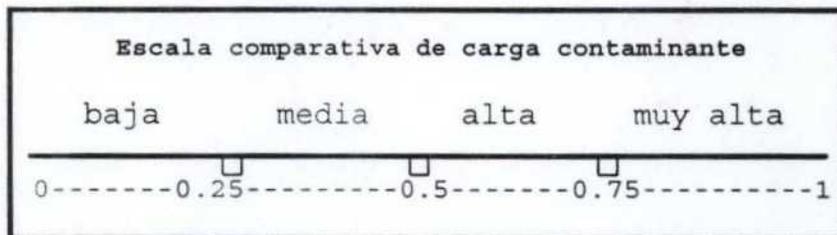
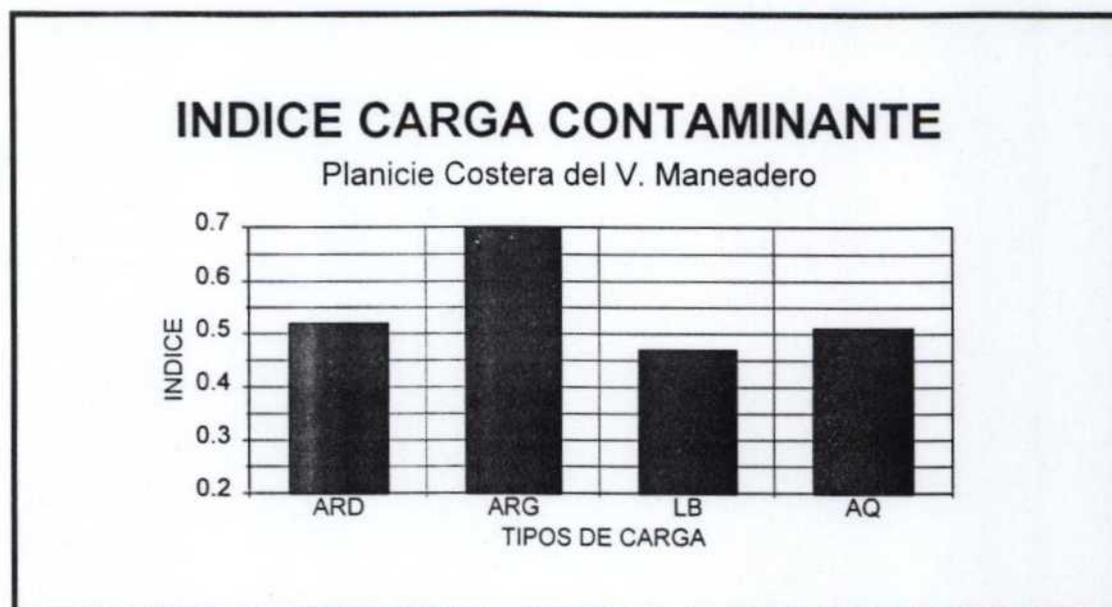
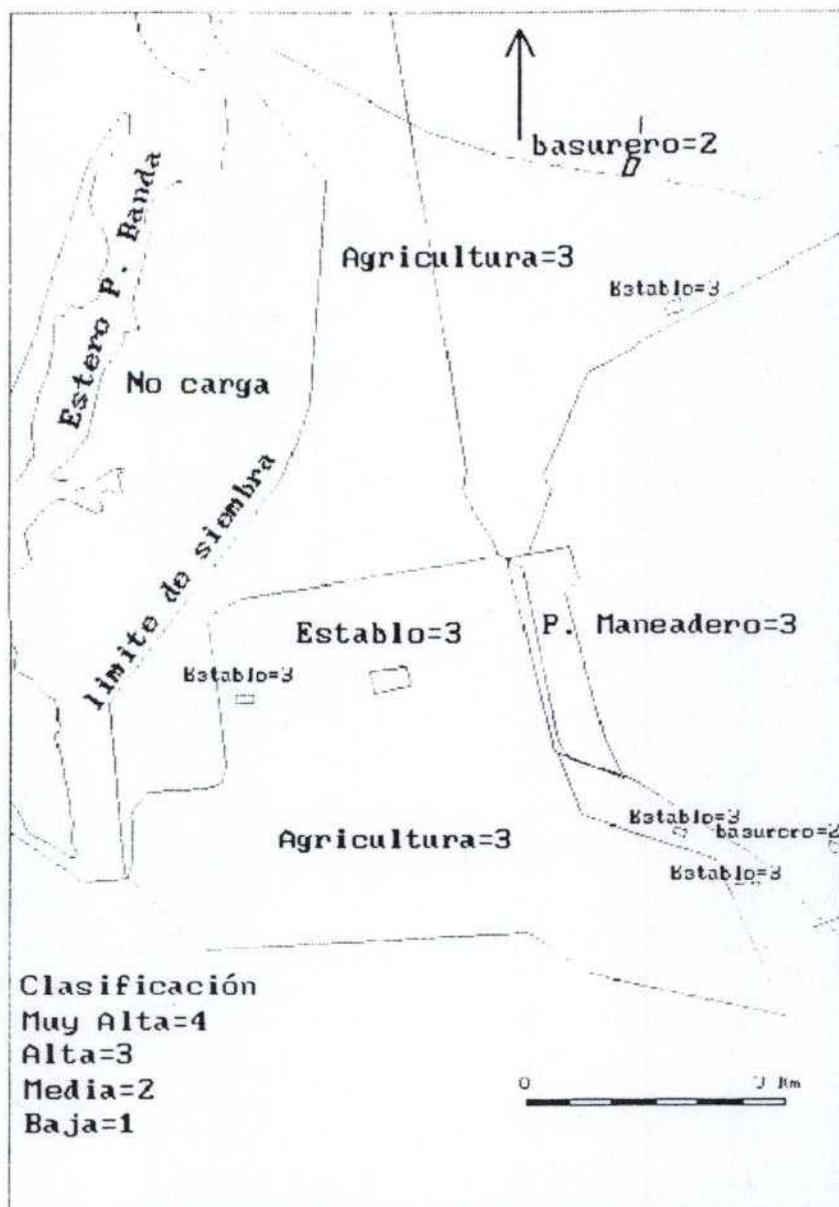


Figura 15. Índice de carga contaminante por tipo de carga contaminante en la planicie costera del Valle de Maneadero, B.C.



La localización de la carga contaminante con sus índices es clasificado en bajo=1, medio=2, alto=3 y muy alto=4. de esta forma se obtiene el Mapa 13 ya clasificado para la carga contaminante (mapa, preparado para ser traslapado con el mapa clasificado de la vulnerabilidad del acuífero).



Mapa 13. Carga Contaminante (clasificada).  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B. C.  
 El Colef-CICESE. G. Córdoba. 1996.

## Capítulo 6. Riesgo de contaminación

### 6.1. traslape mapas clasificados

El traslape de los mapas clasificados de Carga Contaminante con el de Vulnerabilidad se lleva a cabo mediante una matriz de interacción en la cual aparecen en un lado los 3 valores de vulnerabilidad: Bajo = 1, medio = 2 y alto = 3; por otro lado los cuatro valores de carga contaminante: bajo = 1, medio = 2, alto = 3 y muy alto = 4 (Cuadro 31).

Cuadro 31. Matriz de interacción de índices para la evaluación del riesgo de contaminación.

IV \ IC		bajo	medio	alto	muy alto
		1	2	3	4
bajo	1	1	2	3	4
medio	2	2	4	6	8
alto	3	3	6	9	12

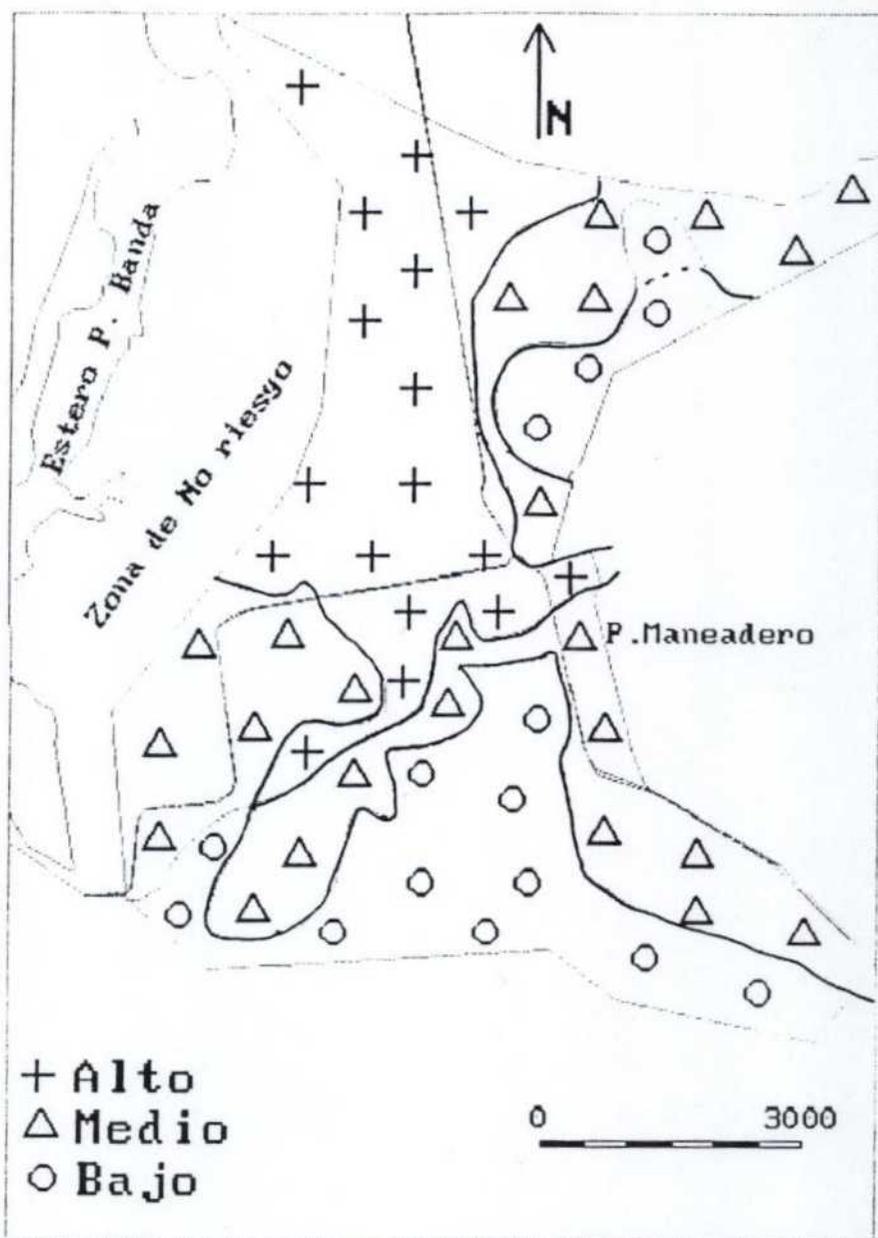
La clasificación que lleva el mapa de riesgo es de acuerdo a las cuatro categorías que se desprenden de la matriz anterior: Bajo cuando los valores de la interacción sean 1,2 y 3; medio cuando sean 4,5 y 6; alto cuando sean 7,8 y 9 y muy alto cuando sean 10, 11 y 12.

Una vez realizado la interacción de mapas clasificados se obtiene el Mapa 14, en él se aprecian los diferentes valores de riesgo en el Valle de Maneadero.

## **6.2. Evaluación final del riesgo.**

El riesgo de contaminación del acuífero de la planicie costera del Valle de Maneadero es alto, localizado principalmente en la parte norte del poblado de maneadero y la porción centro-norte, siguiendo la línea de la carretera Ensenada-San Quintín y el límite oeste del área de cultivos.

Este alto riesgo es producido de la carga contaminante de los agroquímicos, del agua residual de un establo y de la comunidad norte del poblado de Maneadero, combinado con la.



Mapa 14. Riesgo de Contaminación del Acuífero.  
 Riesgo de Contaminación de Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CiCESE. Gustavo Córdova B. 1996.

alta vulnerabilidad que se presenta en esas zonas del acuífero

El riesgo de contaminación medio lo encontramos en la parte sur del poblado continuando hacia el sureste, cercano a la carretera a San Quintín. De igual forma este riesgo se localiza en forma diagonal de noreste a suroeste atravesando todo el valle, desde la entrada del cauce San Carlos, hasta las inmediaciones de la sierra al suroeste del valle.

Este riesgo es provocado por las descargas de aguas residuales de la comunidad del sur del poblado de Maneadero, de cinco establos lecheros pequeños, del vertimiento de agroquímicos y de los dos basureros localizados uno al noreste y el otro al sureste del Valle. A esto se suma una vulnerabilidad media que presenta el acuífero.

El riesgo bajo, se tiene localizado principalmente al sur y en una pequeña porción al noreste del Valle. Este riesgo es explicado por la no concentración de actividades humanas,

excepto la agricultura y por la baja vulnerabilidad que tiene el acuífero en estas zonas.

## **PARTE 3**

### **ESTRATEGIAS PARA LA PROTECCION DEL ACUIFERO**

#### **Capítulo 7. Estrategias para la disminución del riesgo de contaminación.**

##### **7.1. Mecanismos para el control de la carga contaminante.**

###### **7.1.1. Principales mecanismos para el control de las aguas residuales domésticas.**

1. instalar el sistema de drenaje y alcantarillado para la comunidad de maneadero.
2. efluentes dirigirlos hacia el norte del poblado para ser tratados.
3. tratar los efluentes por medio de un sistema de tratamiento secundario (biológico) de aguas residuales.

Alternativa más viable:

a) Reactores aerobios.

Características principales: El oxígeno es el aceptor final de electrones, esto favorece la síntesis del material celular de tal modo que el 60 % de la energía contenida en la materia orgánica es asimilada por las células y el 40 % restante se disipa en forma de calor (Noyola y Saval, 1992). Los factores a considerar son la temperatura y el oxígeno (Mudrak y Kunst, 1986). La eficiencia de remoción de cargas orgánicas de estos reactores es normalmente superior a un 70% (Horan, 1991). Las ventajas son costos de construcción y operación relativamente bajos y remueve en un 100% a los patógenos (Metcalf and Eddy, 1991).

ej; Tanques INHOFF, lagunas de oxidación y lodos activados.

### **7.1.2. Aguas residuales de origen ganadero**

1. Instalar Sistemas de tratamiento secundario (biológico) de aguas residuales.

Alternativa más viable:

1) Reactor anaerobio

Las características más importantes son: El proceso de tratamiento ocurre en ausencia de oxígeno. En este caso otros compuestos oxidados como nitratos, sulfatos o dióxido de carbono, actúan como receptores finales de electrones, de esta forma se tienen tres vías de degradación, a saber: Desnitrificación, sulfatoreducción y metanogénesis. En estos procesos el 90% de la energía contenida en la materia orgánica es convertida en "biogas" y el 10% restante es asimilada por las células (Noyola y Saval op cit). Este mismo proceso ocurre en diferentes medios naturales como en ríos, lagos, fondo de los océanos, pantanos, suelo y en el tracto digestivo de los rumiantes (Novaes, 1986). Este sistema se utiliza en efluentes con alta concentración de materia orgánica (de 2000 a 30,000 mg/l de DQO) como en la industria alimenticia o de bebidas y en granjas porcícolas. Las ventajas son: producción de energía en forma de metano, baja producción de lodos, maneja cargas orgánicas altas mayores que los sistemas aerobios y una eficiencia de remoción superior al 90% (Durán, 1988).

### **7.1.3. Lixiviados de los tiraderos de basura**

1. construir infraestructura para un relleno sanitario de desechos sólidos domésticos para el basurero localizado en el sur-este del valle.

2. reubicación del tiradero de basura localizado al nor-este del valle, el cual pertenece a la delegación de Chapultepec.

### **7.1.4. Agroquímicos; fertilizantes y plaguicidas.**

1. sustitución de algunos cultivos generadores de la mayor carga contaminante en cuanto a fertilizantes y plaguicidas por otros que requieren un menor uso de estos químicos<sup>19</sup>.

los que más requieren aplicación: Sandía, jitomate de suelo, calabacita, papa, chile, lechuga y pepino.

Los que menos requieren aplicación: Rye grass, alfalfa, avena, cilantro, rábano, chícharo y ejote.

---

<sup>19</sup> Cabe aclarar que esta sustitución propuesta se hace desde el punto de vista del riesgo de contaminación del acuífero y no de una conveniencia económica, social y política.

2. Optimización en el uso de fertilizantes y plaguicidas (dosificación).

Aquí el productor debe de estar conciente de que una aplicación excesiva del agroquímico puede causar que éstos se incorporen al suelo con el riesgo de llegar al manto freático.

3. regularizar los permisos para el uso de plaguicidas.

Como se puede observar en el listado de plaguicidas presentado en el cuadro 27, el 47% de los plaguicidas que se usan en el Valle de Manabero no aparecen en el listado de plaguicidas autorizados por el Catálogo Oficial de Plaguicidas.

Se requiere por lo tanto la regulación en el uso de estos químicos para conocer las características de su ingrediente activo y sus efectos que puedan tener en el ambiente.

## **7.2. Minimización del riesgo de contaminación.**

Una vez puesto en marcha los mecanismos de control se tiene un efecto en el riesgo de contaminación actual. La reducción

general que se estima fluctúa alrededor de un 60%, es decir, pasa de un índice de 0.55 (alto) a un índice de 0.19 (bajo) si tomamos en cuenta la reducción particular de cada una de las fuentes contaminantes.

Para el caso de las aguas residuales domésticas se espera una reducción del 70%, para las aguas residuales de origen ganadero de un 80%, para los lixiviados de basura de un 68% y para los agroquímicos solo de un 20% (Cuadro 32 y Figura 16).

El porcentaje de reducción de la carga contaminante debido al uso de agroquímicos (20%) para el Valle es muy bajo ya que se considera que los mecanismos para el control de éstos son en la práctica difíciles de ponerse en marcha esto es con base en experiencias de la región del Valle del Yaqui, Sonora y la Laguna, en Coahuila, donde se ha tratado de controlar el uso de estas sustancias con pocos resultados.

Cuadro 32. Modificación de la carga contaminante una vez puestos en marcha los mecanismos de control.

	ARD	ARG	LB	AQ	total general promedio
índice de carga contaminante actual.	0.52	0.70	0.47	0.51	0.55
índice de carga contaminante modificado por los mecanismos de control	0.15	0.14	0.14	0.35	0.19
reducción de la carga contaminante en porcentaje.	70%	80%	68%	20%	60%

ARD= Aguas Residuales Domésticas

ARG= Aguas Residuales de tipo Ganadero

LB= Lixiviados de Tiraderos de Basura

AQ= Agroquímico (Fertilizantes y plaguicidas)

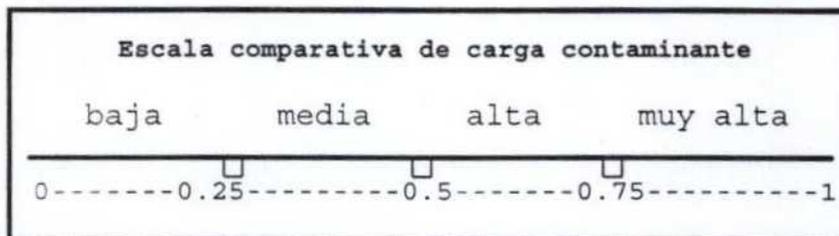
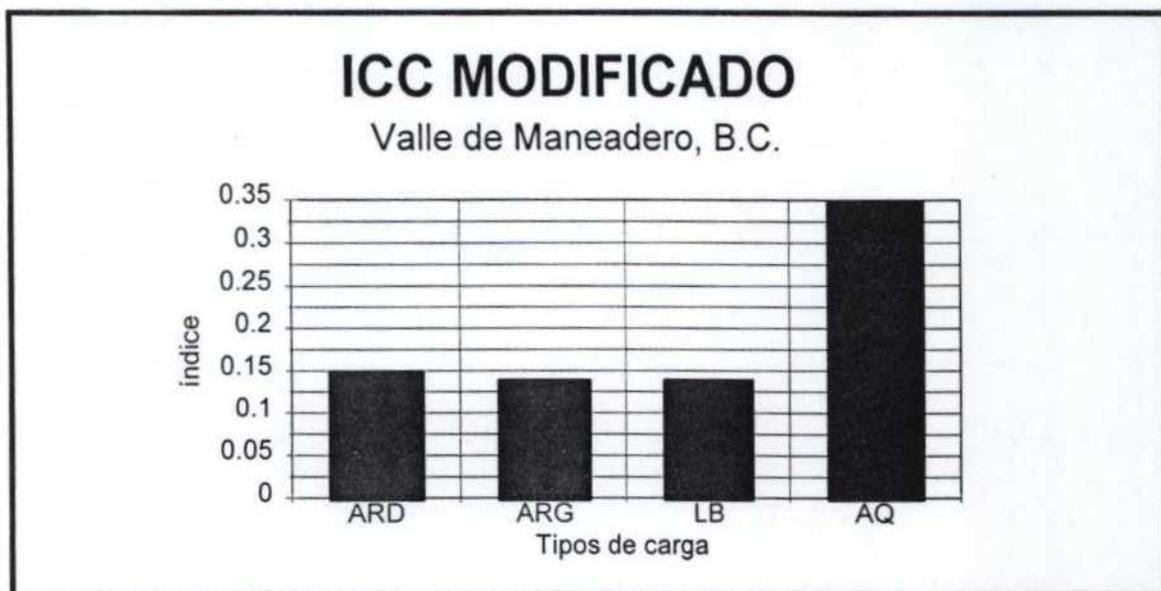
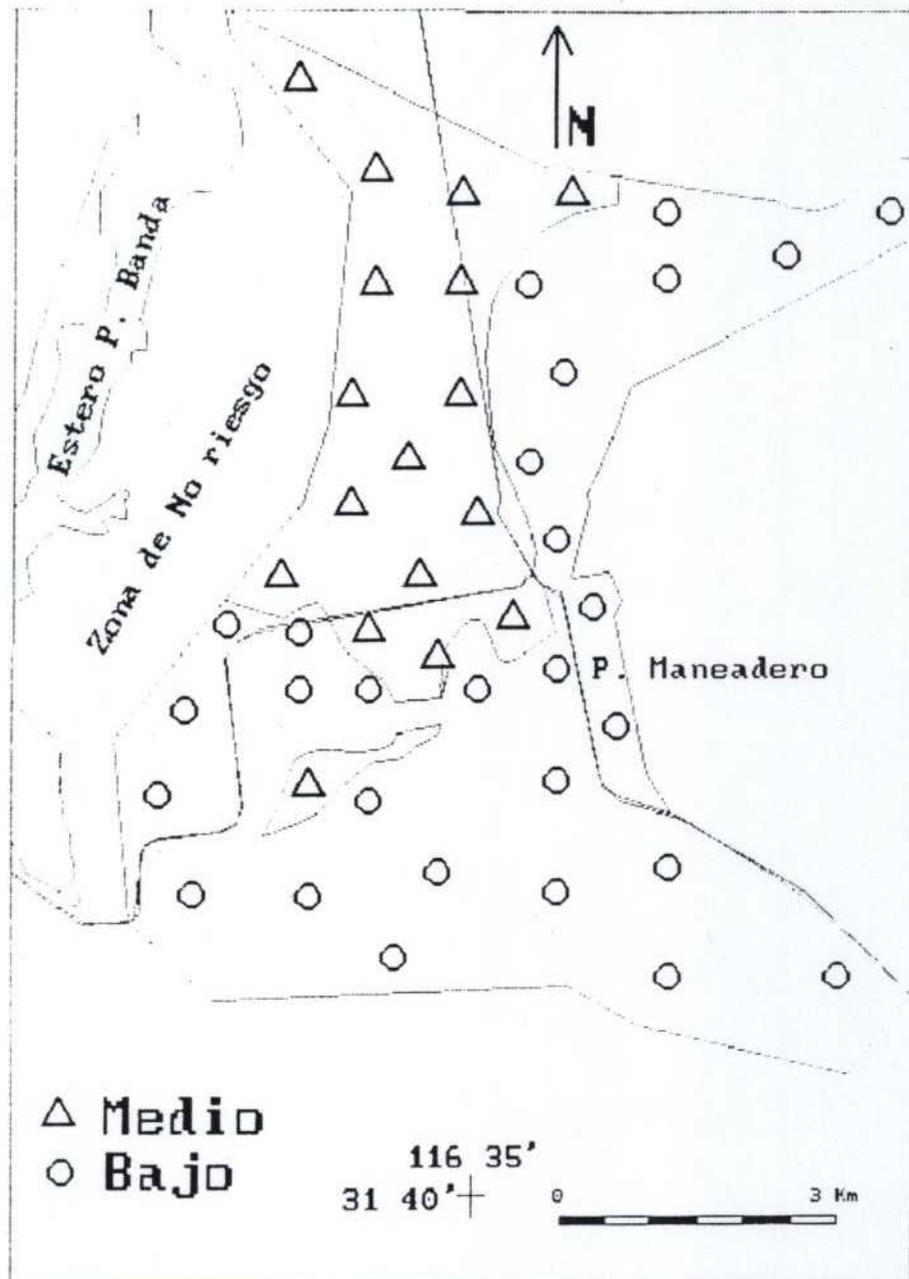


Figura 16. Índice de Carga Contaminante Modificado en la planicie costera del Valle de Maneadero, B.C.



En la superficie de Valle aparecen nuevos valores de riesgo como se aprecia en el Mapa 15, Se observa además que la gran mayoría de la planicie costera del Valle presenta bajo riesgo, exceptuando una porción centro-norte, donde el riesgo es medio.



Mapa 15. Riesgo de Contaminación del Acuífero (minimizado).  
 Riesgo de Contaminación del Acuífero del U. Maneadero, B.C.  
 El Colef-CICESE. Gustavo Córdova B. 1996.

### **7.3. Gestión para la protección del acuífero.**

La gestión que aquí se propone se enmarca en la base contextual sobre la situación político administrativo del agua subterránea en la región del Valle de Maneadero y en algunas consideraciones socio-económicas del área de estudio vistas en la parte 1 de este trabajo. Además de lo anterior, una parte importante para la propuesta de gestión parte de los resultados de vulnerabilidad, carga contaminante y de la evaluación final de riesgo de contaminación del acuífero, vista en la parte 2.

La propuesta principal gira en torno de la creación de un **comité regional**, el cual tendría como objetivo principal la protección del acuífero del Valle de Maneadero, mediante la aplicación de los mecanismos de control descritos en el apartado anterior y con la colaboración de cada uno de los actores participantes hasta donde sus facultades legales y sus recursos se lo permitan.

Este comité puede operar por medio de cinco programas de acción:

1. Programa para el control del agua residual doméstica en la comunidad de Maneadero (CARD).
2. Programa para el control del agua residual de establos lecheros (CARG)
3. Programa para el control de la basura (CB).
4. Programa para el control de agroquímicos (CAQ)
5. Programa de monitoreo y vigilancia.

La participación de las unidades de gobierno (federal, estatal y municipal) así como de organismos privados y de la comunidad en estos programas se llevaría a cabo de acuerdo al ámbito de su competencia.

Para el programa de control de la contaminación del agua residual doméstica, se puede formar una comisión la cual tendría como función principal la de conseguir recursos para instalar el sistema de alcantarillado y tratamiento de los efluentes residuales de la comunidad de Maneadero.

Esta comisión puede estar formada por:

- El H. Ayuntamiento de Ensenada-Dirección de Obras y Servicios Públicos Municipales (DOSPM)
- Comisión de Servicios de Agua del Estado (COSAE)
- Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE)
- La Comisión Nacional del Agua (CNA)
- La junta de Mejoras de la Comunidad de Maneadero
- El Ejido Nacionalista Rafael Sanchez Taboada.

Para el programa de control del agua residual de los establos lecheros se puede establecer también una comisión, la cual tendría como función principal la de buscar recursos financieros para tratar los desechos sólidos y líquidos los establos.

Esta comisión puede estar formada por:

- La Unión de Productores de Leche del Valle de Maneadero.
- La CNA
- El Intituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
- La Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR).
- El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-SAGAR).

El programa para el control de la basura puede ser operado también por medio de una comisión, la cual tendría como función principal asegurar el buen confinamiento y disposición de los desechos sólidos generados por la comunidad de maneadero y de otras comunidades aledañas.

Esta comisión puede estar formada por:

- El H. Ayuntamiento de Ensenada (DOSPM), Delegación Maneadero.
- La Junta de Mejoras de la Comunidad de Maneadero
- El Ejido Nacionalista Rafael Sanchez Taboada.

El programa para el control de agroquímicos también puede ser operado por una comisión, la cual tendría como función principal el control en el uso de los fertilizantes y los plaguicidas, así como almacenamiento y el confinamiento de desechos sólidos peligrosos.

Esta comisión puede estar formada por:

-La SAGAR

-INIFAP-SAGAR

-CNA

-Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)

-Secretaría de Salud

-Unión Agrícola Regional de Productores de Legumbres de la Costa del Estado de Baja California (U.R.P.L.C.B.C.).

-Ejido Nacionalista Rafael Sanchez Taboada

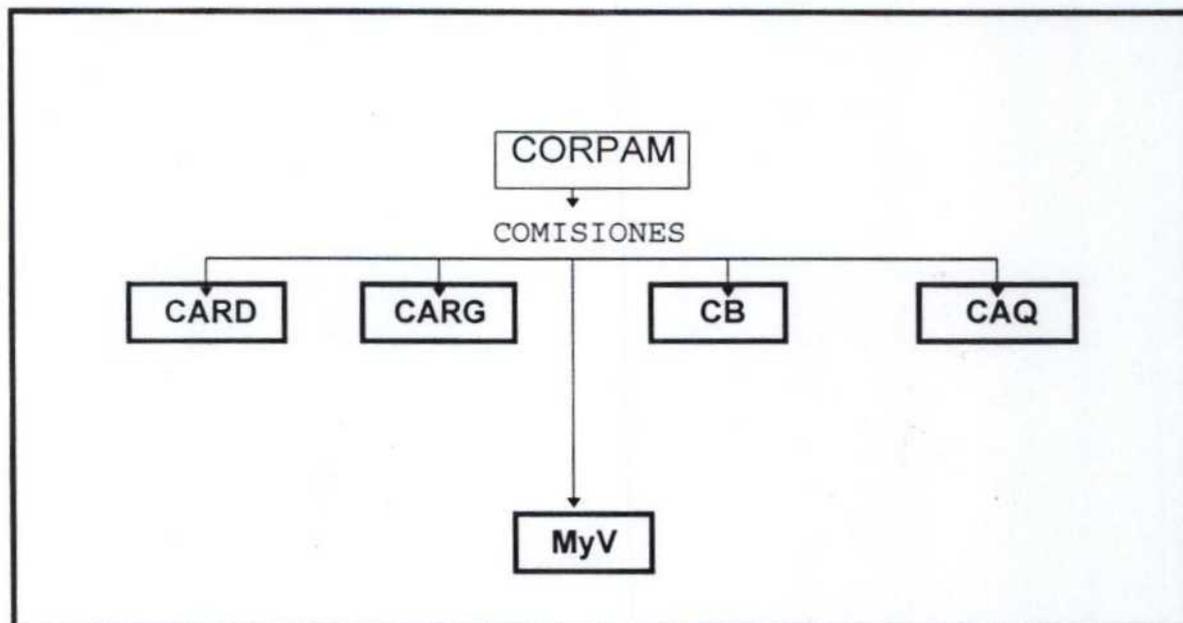
-Instituto Nacional de Ecología, INE de la Secretaría de Ecología Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

-Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, PROFEPA-SEMARNAP.

Por último el programa de monitoreo y vigilancia tendría como función principal el promover proyectos de investigación destinados a conocer la calidad de agua del acuífero y de los efluentes residuales en forma permanente. Este programa quedaría a cargo de la CNA por ser esta la más facultada jurídica e institucionalmente para vigilar y sancionar a los responsables de descargas que signifiquen un riesgo de contaminación para el acuífero (artículos, 88, 93 y 95 de la Ley de Aguas Nacionales).

El organigrama general del Comité Regional para la Protección del Acuífero del Valle de Manadero (CORPAM), se aprecia en la figura 17.

Figura 17. Organigrama general del CORPAM



CORPAM=Comité Regional para la Protección del Acuífero de Maneadero  
CARD=Control del Aguas Residuales Domésticas  
CARG=Control Aguas Residuales Ganaderas  
CB= Control de la Basura  
CAQ=Control de Agro-Químicos  
MyV=Monitoreo y Vigilancia

En el cuadro 33, se observa la participación de las diferentes unidades de gobierno y las organizaciones no gubernamentales en los cuatro programas del Comité Regional para la Protección del Acuífero del Valle de Maneadero (CORPAM).

**Cuadro 33. Participación de actores en los programas del  
Comité Regional para la Protección del Acuífero del Valle de  
Maneadero (CORPAM).**

actores	programas	1. CARD	2. CARG	3. CB	4. CAQ	5. MyV
<b>Gubernamentales</b>						
<b>federales</b>						
CNA		X	X		X	X
IMTA-CNA			X			
SAGAR			X		X	
INIFAP-SAGAR			X		X	
INE-SEMARNAP					X	
PROFEPA-SEMARNAP				X	X	
SECOFI					X	
S. SALUD					X	
<b>Estatales</b>						
COSAE		X				
CESPE		X				
<b>Municipales</b>						
DSPM				X		
<b>No gubernamentales</b>						
Junta de Mejoras de Maneadero.		X		X		
Ejido R.S.T.		X		X	X	
U.R.P.L.M.			X			
U.R.P.L.C.B.C.					X	

CARD= control de aguas residuales domésticas

CARG= control de aguas residuales de la ganadería

CB= control de las basuras

CAQ= control de agroquímicos

MyV= monitoreo y vigilancia.

## Conclusiones

Con base en los objetivos planteados, la metodología seguida y los resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones:

El riesgo de contaminación del acuífero de la planicie costera del Valle de Maneadero es alto, exceptuando una pequeña porción al sur. Las causas principales son la alta vulnerabilidad que presenta el acuífero y la alta carga contaminante que se vierte en la superficie por la actividad económica y el crecimiento de la población.

La alta vulnerabilidad se da principalmente por la naturaleza misma del acuífero, donde predominan materiales altamente permeables como la grava y la arena.

Otro factor asociado al anterior es la profundidad al nivel estático, la cual es relativamente baja. En la mayor parte del acuífero esta profundidad es menor a 17 metros.

La carga contaminante esta dada por la gran cantidad de materiales que son vertidos al suelo, sin ningún tratamiento en el caso de las aguas residuales y sin ninguna planeación (en relación a la protección del acuífero), en el caso de los basureros y el uso de agroquímicos.

Si se aplican los mecanismos de control propuestos es factible reducir el alto riesgo encontrado a un nivel relativamente bajo. Estos mecanismos no están fuera del alcance económico o tecnológico, ya que existen formas de hacer llegar recursos financieros y métodos de control de contaminantes en el mercado.

El mecanismo propuesto para el control de agroquímicos parece ser el más difícil de poner en marcha, ya que en él se involucran bastantes factores económicos, políticos y sociales de la región y del país. Existe, sin embargo, la urgente necesidad de implementar al menos las propuestas hechas en este trabajo.

Como ejemplo de control y protección de acuíferos, tenemos que en algunos países se han declarado áreas de protección en

los alrededores de pozos de abastecimiento de agua potable, dentro de los cuales también se controlan los tipos de cultivos (Foster y Salas, 1987).

La gestión eficiente y ordenada que se debe dar por parte de los actores gubernamentales y no gubernamentales, es muy importante para proteger el acuífero. La creación del "Comité Regional para la Protección del Acuífero" es una nueva forma de administrar un recurso. Esta figura administrativa, aparece en tiempos donde una sola institución muy comprometida, como es el caso de la CNA no puede dar una respuesta a este problema. Esto se debe principalmente, a la escasés de recursos humanos y financieros por la que atravieza esta institución gubernamental.

La participación de varias instituciones del Estado, de la iniciativa privada, de instituciones académicas y de la comunidad en general si puede dar respuesta a un problema de esta naturaleza. Esto presupone que existe un compromiso de todos los actores, una discusión del problema y la negociación para no afectar intereses particulares.

La sustentabilidad del recurso acuífero dependerá entonces, de la correcta aplicación de mecanismos de control de contaminación y de la gestión que se da para proteger el agua subterránea de este lugar.

Existe sin embargo, la necesidad de conocer más ampliamente la situación geofísica del acuífero, el monitoreo de la calidad del agua subterránea y el monitoreo de efluentes contaminantes en forma permanente, sobre todo en los pozos que abastecen de agua potable a la ciudad de Ensenada, localizados en el área de mayor riesgo de contaminación. En este sentido, las instituciones gubernamentales y académicas deben apoyar este tipo de proyectos.

Finalmente el riesgo de contaminación del acuífero que se ha determinado por áreas en este valle contribuye en forma importante para que el gobierno y la iniciativa privada consideren los resultados de este trabajo como base para la planeación de las actividades productivas y humanas.

## BIBLIOGRAFIA

- Agua Mejor, S.A. de C.V. 1995. Planta de tratamiento de Aguas Residuales Municipales de las Ciudad de Ensenada, B.C. ("Casa pinta"). Proyecto General. p. 220
- Al Rawi, S.M y Al Tayar, T.A. 1993. Evaluation of the Role of Biological Treatment in Wastewater Pollutants. Journal Environmental, SCI Health, A28(3), p.p. 525-538.
- Alber, L.A. 1990. Curso Básico de Toxicología Ambiental. Editorial Limusa. pp. 216-221
- Anderson, 1960. Intergovernmental relations in Review, Univ of Minnessota Press. En Robert Agranoff. Marco para el Análisis Comparado de las relaciones Intergubernamentales. Instituto Universitario Ortega y gasser. trabajo para la Federación Valenciana de Municipios y Provincias.
- Appendini K. 1988. La Evolución Bimodal de la Agricultura Mexicana: Una Reflexión sobre la Agricultura de la Frontera Norte. El Colegio de la Frontera Norte (inedito). p.p.60.
- ✓ -Arizabalo R.P. y G.Diaz 1991. La Contaminación del Agua Subterránea y su Transporte en Medios Porosos. Cuadernos del Inst. de Geofísica de la UNAM. p. 9-11.
- Blume, H.P. and Ahlsdorf, B. 1993. Prediction of Pesticide Behavior in Soil by Means of Simple Field Test. Ecotoxicological and Environmental Safety. 26. Academic Press. p. 313-332.
- Bollag, J.M. y Liu, S.Y. 1990. Biological Transformation Processes of Pesticides. In Soil Science Society of America. No. 2 Wisc. USA. p.169-211.

-Brañes, R. 1994. Manual de Derecho Ambiental Mexicano. Fondo de Cultura Económica. México p.

- Burgos, M.M. 1992. Contaminación por Nitratos en el Valle del Yaqui. Tesis de Licenciatura. Instituto tecnológico de Sonora.p. 57

-Cámara, D. O. A. 1992. Biología Molecular y Metabolismo de degradación de Suelos Contaminados con Pesticidas. ITSON-DIEP Vol.1 No.3. México. p. 47-63.

-Camper, N.D. 1991. Effects of Pesticide Degradation Products on Soil Microflora. in Somásundaram and Coats (Eds). Pesticides transformation product, Fate and Significance in the Environment. ACS. Symposium Series. No. 459. Washington, DC. p. 205-215.

✓ -Canales, A.G. y Gonzalez, R. 1991. Agricultura de Riego, Salinidad y Contaminación del Agua Subterránea por Agroquímicos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). p. 63-66.

-Canales, A.G.; Gonzalez, R. y Díaz, S. 1993. Calidad del Agua Subterránea en el Valle del Yaqui, Sonora. Revista Sociedad Académica. Instituto Tecnológico de Sonora. 2:3:4.

- Canales, A.R.; González, R.; Mercado, F; y Chilton, J. 1991. Calidad del Agua Subterránea en el Valle del Yaqui: Salinidad y contaminación por Agroquímicos. Informe Técnico ITSON-DIEP. p. 80.

-Chung Lu, M.; Dong Ram, G.; Nan Chen, J.; and Pau Huang, Ch. 1993. Microtox Bioassay of Photodegradation Products From Photocatalytic Oxidation of Pesticides. Chemosphere Vol. 27 No.9. Grain Britain p. 1637-1647.

-Coats, J.R. 1991. Pesticide Degradation Mechanisms and Environmental Activation. In Somundaram and Coats (Eds). Pesticide transformation product, fate and Significance in the environmental. ACS symposium series. No.459. Wash. D.C. p. 10-30.

-Cohen, Z. S. 1994. Agricultural Chemical News. Select reprints of a column that appears in Ground Water Monitoring & Remediation. Ground Water Publishing Co. Dublin. Ohio, USA. p.72.

-CNA, 1995. Programa Estatal Hidráulico 1995-2000. Gerencia Estatal en Baja California, Mexicali, B.C.

-CNA, 1991. Estudio de Actualización piezométrica y Geoquímica del Valle de Maneadero, B.C. Gerencia Estatal. Departamento de Control de los Sistemas Hidrológicos. Informe Técnico.

-CNA, 1991, Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, Comisión Nacional del Agua.

-CNA, 1991. Guía para la determinación del importe del derecho por descargas de aguas residuales industriales, Subdirección General de Planeación y Finanzas.

-Cruz Falcón, A. 1986. Gravimetría de la Cuenca del Arroyo San Carlos, Ensenada, B.C. Tesis de Maestría. CICESE, 82pp.

-Custodio, E. y Llamas, M.R. 1983. Hidrología Subterránea. 2a. De. Tomo II. Ediciones Omega. Barcelona. p. 1905.

-Deffis, A. 1989. La Basura es la Solución. Editorial Concepto. México.

-Durán, C. 1988. Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. DEPTAC, México.

-Espino, E. 1991. Comentarios a la Ley de Derechos por Descargas de Aguas Residuales. Agua Potable, Vol. 7, No. 85. p. 29-40.

-Fariás Urbano, 1993. Derecho Mexicano de Aguas Nacionales, Ed. Porrúa, Mex.

✓ -Foster, S.; B. Adams; M. Morales y S. Tenjo. 1992. Estrategias para la Protección de Aguas Subterráneas. UK Overseas Development Administration (BGS)-Estado Libre Asociado de P. Rico y CEPIS-OPS-OMS. 62 pp.

-Foster, S.E. y R. Hirata. 1991. Determinación del Riesgo de Contaminación de las Aguas Subterráneas. CEPIS-OMS. Lima, Perú.

-Foster, S.S.D.; Schilton, P.J.; and Marianne, E.S. 1991. Mechanisms of Groundwater Pollution by Pesticides. Journal of the Institution of Water and Environmental Management. Vol.5 No.2. p.185-193.

-Foster S.; Gale, Ian y Hespanhol, Y. 1994. Impacto del Uso y Disposición de las Aguas Residuales en los Acuíferos. British Geological Survey, CEPIS y OMS. 77 p.

✓ -Foster, S. y H. Salas. 1987. Las Aguas Subterráneas: Un Valioso Recurso que Requiere Protección. CEPIS-OMS-OPS, Lima Perú. 20p.

-Freeze R. A. and Cherry, A.J. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc. N.J.. USA p. 442-443.

-Gaceta Ecológica, Vol II, Número 6, enero de 1990. SEDUE.

-Garduño, E.; E García y P. Morán. 1989. Mixtecos en Baja California, El caso de San Quintín. UABC. p. 37.

-Gastil, R.G.; Philips, P.R.; y Allison, E.C. 1975. Reconnaissance Geology of the State of Baja California. The Geological Society of America, Inc. Boulder, Colorado. pp 1-30.

-Genez, R.C. y Gervois, H. 1983. Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene. Editorial Limusa, México. pp.42-43

-González, R. y Canales, A.G. 1995. Contaminación por Plaguicidas en el Acuífero del Valle del Yaqui, Sonora. en Ivan Restrepo. Agua, Salud y Derechos Humanos. Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), primera edición. p. 203-219.

-Guzman, G. E.R. 1995. Elementos para la Elaboración de un Diagnóstico de la Efectividad de la Legislación Ambiental en México. Tema V. Contaminación del Agua. Facultad de derecho de la UNAM.

-Herrera, B.J.; C. Sarmiento L. y F. Herrera, B. 1996. Dipolo-Dipolo en la Planicie Costera del Valle de Maneadero. Informe Técnico. CICESE, México. No publicado.

-Horan, N.J. 1990. Biological Treatment Systems. theory and operation. John Wiley & Sons. USA. 210 p.

-INEGI-Gobierno del Estado de Baja California.1995. Estudio Hidrológico del Estado de Baja California. p.29.

-INEGI, 1990. Baja California. Resultados Definitivos por Localidad (Integración Territorial). XI censo de Población y Vivienda.

-INEGI, 1990-a. Baja California. Perfil Socioeconómico. XI censo General de Población y Vivienda.

-Kolb, E. 1974. Fisiología Veterinaria, volumen 2. De. Acribia. Zaragoza, España. p.p.620.

-Ley de Aguas Nacionales Ed. Porrúa. México.

-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1988. Editorial Porrúa, México.

-Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1992. ed porrúa, México.

-Lindblom, Charles E., 1991, El Proceso de Elaboración de Políticas Públicas, Ministerio para las Administraciones Públicas, Madrid.

-Lowi, T., 1992, Políticas Públicas, Estudios de Caso y Teoría Política, En Aguilar Villanueva, L., La Hechura de las Políticas, Miguel Angel Porrúa, México, pp.89-117.

- Madhun, Y.A. y Fred, V.H. 1990. Impact of Pesticides on the Environment. Soil Science Society of America. Book series No. 2 Madison Wisconsin, USA. p.429-466.
- Mares O. M.A. 1996. Propuesta Preeliminar de Manejo del Acuífero Costero del Valle Agrícola de Maneadero, B.C. Tesis de Maestría. El Colef-CICESE.
- Matthens, A.; Pekdeger, A. & Schroter, J. 1985. Behavior of contaminants in groundwater. IAH International contr to Hidrogeology 6. p. 1-86.
- Menendez, F.A. Bromatología Animal. Ed. Limusa, México p.p.46-48.
- Metcalf and Eddy, Inc. 1991. Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse. McGraw Hill, Third De. USA. p. 45-68.
- Mijailov. L. 1985. Hidrogeology. Ed. MIR, Moscú.p.272-273.
- Monroy, H.O. y Viniegra, G.G. 1990. Biotecnología para el Aprovechamiento de los Desperdicios Orgánicos. Cuadernos del Instituto de Biotecnología de la UNAM. p. 15-18.
- Mudrak, K. y Kunst, S. 1986. Biology of Sewage Treatment and Water Pollution. Jhon Wiley & Sons, p. 24.
- National Academy of Sciences. 1986. Drinking Water and Health. national Research Council. Assemby of Life Scienes. NRC. Washington, D.C. p. 20.
- Newman, A.L. 1989. Ganado Vacuno para la Producción de Carne. De. Limusa, México. p.p. 199.
- Noreña, 1995. Problemática del Manejo de los Residuoos Sólidos Municipales. Apuntes del Diplomado en Sistemas de Control para los Residuos Sólidos y Peligrosos. UNAM-AMCRESPEC. México.

-Norzagaray, R.R. 1996. Evaluación de los Sistemas de Aseo Urbanos, el Caso de Tijuana, B.C. Tesis de Maestría, El Colef-CICESE.

-Novaes, R.F. 1986. Microbiology of Anaerobic Digestion. Water Science and Technology, Vol 18 No.12, p.15.

-Noyola, A. y Saval, S. 1992. Aportaciones de la Biotecnología al Tratamiento Anaerobio de las Aguas Residuales. Biotecnología Vo. 2, No. 5 y 6.

-Ou, L.I. 1988. Aldicarb Degradation and Transport in Sandy Soils from Different Depths. Pesticide Science. Vol, 23, No. 1, p.5-18.

-Pfeffer, J., 1993, Comprensión del Papel que juega el Poder en la Toma de Decisiones, en Ramió, Charles y Xavier Ballart, Lecturas de Teoría de la Organización, Ministerio para las Administraciones Públicas, Madrid, pp. 63-98.

-Power, J.F. y Schepers, J.S. 1989. Nitrate Contamination of Groundwater in North America. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 26 p. 165-178.

-Ranjha, Peralta, R. C., Hill, R. W., 1992, Sprinkler Irrigation Pesticide Best Management System, American Society of Agriculture Engineers, Vol. 8 Núm. 3, pp 347-353.

-Rapoport, H.E.; Díaz, B.E. y López, M.S. 1983. Aspectos de la Ecología Urbana en el estado de México. p. 6-9.

-Roberts, H.A. 1982. Weed Control Handbook: Principles. British Crop protection Council and Blackwell Science, Oxford.

✓ -Romero, L.P. 1995. Peculiaridades de la Planeación Ambiental. en Massé, N.C. y Sandoval, F.E. (Coord). Políticas Públicas y Desarrollo Municipal. El Colegio Mexiquense y UAEM. p. 165.

- Rose, Richard. 1984. Understanding Big Government. The Programme Approach. SAGE Publications. London.
- Russell, G.M. and Higer, A.L. 1988. Assessment of Groundwater Contamination Near Lantana Landfill, southeast Florida. Ground Water, 26,156.
- S.A.H.O.P.E.; COSAE; GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA, 1994. Plan Estatal Hidráulico 1994-2015.
- Sans, R. y Ribas, J. 1989. Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamiento. De. A.G. Portevello, S.A. Barcelona, 380p.
- Sarmiento L.C. 1995. Modelo Preliminar de Flujo Tridimensional del Acuífero de la Planicie Costera del Valle de Maneadero, B.C. México. Tesis de Maestría. CICESE.
- Secretaría de Salud, SEDUE, SARH. Catálogo Oficial de Plaguicidas. Diario Oficial de la Federación, 19 de agosto de 1991. Tomo CDLV. No. 13.
- Southwich, H.C. 1985. Global Ecology. Sinaver Associates Inc. Publisher Sunderland, Mss.USA. p.141-142.
- Spalding, R.F. y Parrot, J.D. 1994. Shallow Groundwater Denitrification. The Science of Total Environmental. 141. p. 17-25
- Spalding, R.F. and Kitchen, L.A. 1988. Nitrate in the Intermediate Vadose Zone Beneath Irrigated Cropland. Ground Water Monitoring Review, Vol.8, No. 2.
- Strebel, O.; Duynisveld, W.H.M y Botcher, J. 1989. Nitrate pollution of Groundwater in Western Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol 26. p. 189-214.
- Terao, H.; Yoshioka, R y Kato, K. 1993. Groundwater Pollution by Nitrate Originating From Fertilizer in Kakamighara Heights, Central

Japan. Select Paper Vol. 4. 29 th International Geological Congress, Kyoto, Japan p. 51-62.

-Trevisan, M.; Capri, E. and Del Re, A. 1993. Pesticide Soil Transport Models: Model Comparisons and Field Evaluation. Toxicological and Environmental Chemistry. Vol.40. Gordon and Breach Science, USA. p. 71-81.

-Turner, R.F.; Pearce, D.W. y Beatman, I. 1993. Environmental Economics; an Elementary Introduction. Baltimore. Jhon Hopkins University Press. p. 190-200.

-Urquidi, V. 1996. Política Ambiental y Regionalización. Ponencia. El Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, B.C. (Inedito)

- Vazquez,G.R.; Espinosa,C.J.M.; López T.A. y Velasco, C.N. 1994. Exploración Geoeléctrica en el Límite Sur del Ejido Chapultepec, Ensenada B.C. Informe Técnico. CICESE para Planeación, Sistemas y Control, S.A. de C.V.

-Vrba,J. y Romijn, E. 1986. Impact of Agricultural Activities on Ground Water. IAH, IUGS, UNESCO Vol. 5. Hannover:Heise. p. 29.

-Villanueva, J.P. 1988. A Sensitivity Analysis of Adsorptión and degradati3n Parameters in the Modeling of pesticide Transport in Soil. Journal of Contamination Hydrologics. Vol. 3 No. 77.

-Villanueva, M. y A. Iglesias, 1984. Pozos y Acuíferos. Técnicas de Evaluaci3n Mediante Ensayos de Bombeo. Instituto Geol3gico Minero de Espa3a, 462 pp.

-Watson,I y Barnett, A.D. 1993. Hydrology, An Environmental Approach. Buchanan Books Cambridge. Hallmark press. USA. pp.90-144.

-Wright,Deil S. 1988. Understanding Intergovernmental Relations. Brooks/belmont, Ca. En Robert Agranoff. Marco para el Análisis `Comparado

de las relaciones Intergubernamentales. Instituto Universitario Ortega y  
gasser. trabajo para la Federación Valenciana de Municipios y  
Provincias.

## ANEXO A

### Proyección de la Población de Maneadero hasta 1996

Proyección de la población de Maneadero para 1996

ecuación 1. 
$$\text{pob 1990} (1+i)^n$$

donde

i=TCT (Tasa de Crecimiento Total, obtenida con la ecuación 2.

n=número de años de la predicción.

ecuación 2. 
$$\text{TCT} = \left[ \frac{n}{\sqrt[n]{\text{pob1}/\text{pob2}} - 1} \right] * 100$$

donde

n= periodo de tiempo (10 años), pob1= población final (de 1990), pob2= población inicial (de 1980) <sup>1</sup>.

tenemos entonces que  $\text{TCT} = \left[ \frac{10}{\sqrt[10]{11,060/7,443} - 1} \right] * 100;$

$$\text{TCT} = 0.0404 = 4.04\%$$

sustituyendo en la ecuación 1, tenemos:

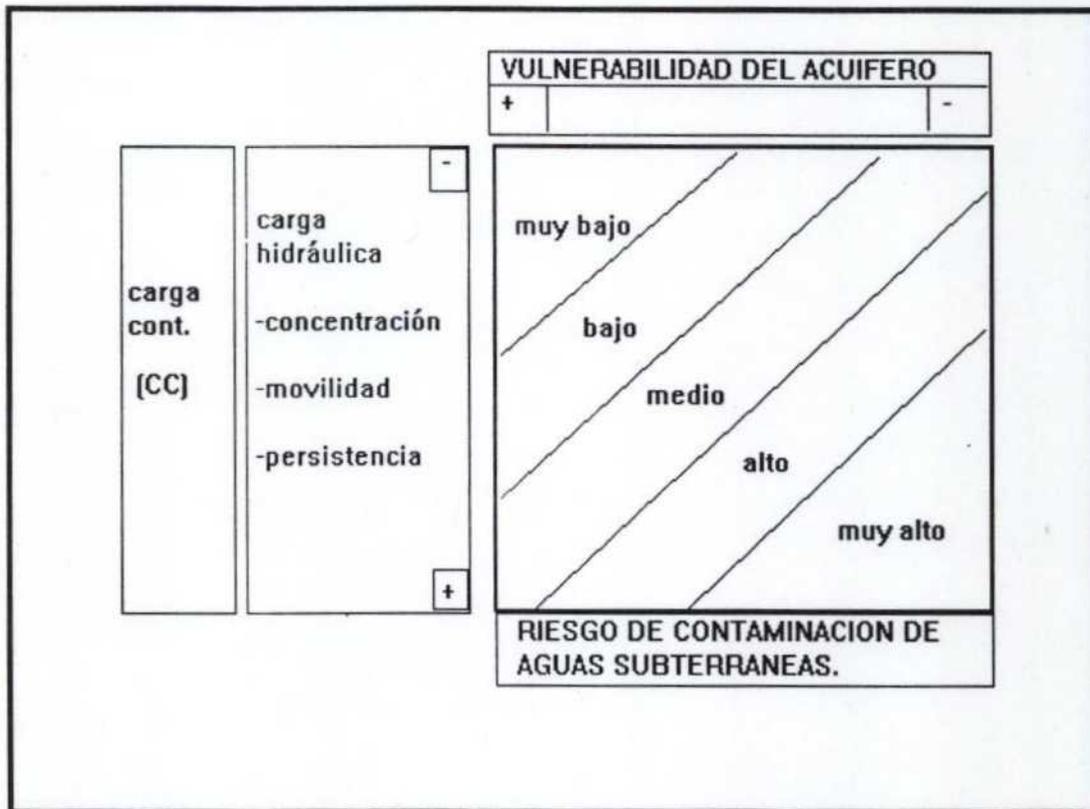
$$11,060 (1+0.0404)^6 = 14,026 \text{ habitantes para 1996.}$$

---

<sup>1</sup> Dato proporcionado por la oficina de INEGI en Ensenada, B.C.

## ANEXO B

### Esquema conceptual para la determinación del riesgo de contaminación del agua subterránea



## ANEXO C

### Resumen del tratamiento de aguas residuales y prácticas de disposición y reuso.

	Instalación/ proceso	Objetivo primario	Recarga agua subterránea
Con Alcantarillado	Lagunas de oxidación	tratar	casual, accidental.
	esparcimiento al suelo	disponer	diseñado, casual.
	Irrigación agrícola	usar	casual, accidental.
	Lixiviado de alcantarillas	ninguna	accidental
	POZOS PROFUNDOS DE INYECCION	disponer	Diseñado*
Sin Alcantarillado	Tanque séptico	disponer	casual
	Letrinas	disponer	casual
	Descarga ilegal pozos abandonados	disponer	casual accidental

\*no al acuífero de agua dulce.

Fuente: Foster S.; Gale. Ian y Hespanhol, Y. 1994. Impacto del Uso y Disposición de las Aguas Residuales en los Acuíferos. British Geological Survey, CEPIS y OMS. p.3.

## ANEXO D

**Resumen de los procesos que favorecen la atenuación de los contaminantes en el subsuelo (Foster, et al 1992).**

