

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE CIENCIAS



MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS



**SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRAL DEL ACUÍFERO DE
MANEADERO, B.C., MÉXICO CON FINES DE MANEJO.**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

ADRIANA LICONA GARCÍA

Esenada, B.C. Diciembre del 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS

MAESTRÍA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS EN ZONAS ÁRIDAS

“SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRAL DEL ACUÍFERO DE MANEADERO, B.C.

MÉXICO, CON FINES DE MANEJO”

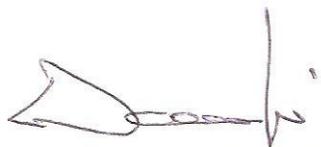
TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS

Presenta

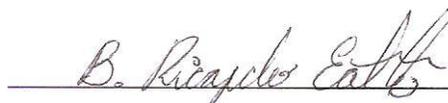
ADRIANA LICONA GARCÍA

Aprobado por



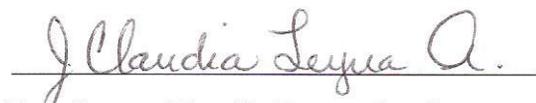
Dr. Luis Walter Daesslé Heuser

Director



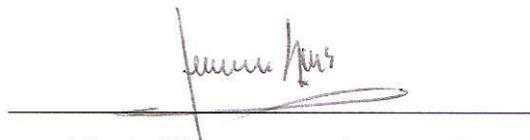
M.C. Bernardino Ricardo Eaton González

Codirector



Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera

Sinodal



Dr. Leopoldo Guillermo Mendoza Espinosa

Sinodal

la han llenado de muy buena información.

A mi querida familia: Tomás, Ester, Verónica
y a los que también son parte: Martha,
José, Esperanza y Lucero

“Todos los ríos van al mar y el mar nunca se llena; al lugar donde los ríos van, allá vuelven a fluir.” (Eclesiastés 1:7)

AGRADECIMIENTOS

A México, que a través de la Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt, me apoyo económicamente mediante la beca CVU/Becario 322524/236505 para poder cursar mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California, UABC, Facultad de Ciencias, especialmente a la coordinación de la maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, MEZA, por abrirme las puertas al mundo del manejo.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas que a través del proyecto “Evolución y Respuesta Hidrogeológica del Acuífero de Maneadero B.C. ante la perspectiva de su sobreexplotación y Recarga Artificial” cobijó este trabajo mediante el Apoyo a Proyectos de Investigación 2009-2011, UABC.

Al Dr. Luis Walter Daesslé Heuser por la confianza, el apoyo, y sobre todo por arriesgarse por caminos poco conocidos. Al M.C. Ricardo Eaton por adentrarme en el mundo del SIG, a la Dra. Claudia Leyva Aguilera y al Dr. Leopoldo Mendoza por colaborar en la realización de esta investigación. A la Dra. Ileana Espejel y la Dra. Evarista Arellano por nutrirla con sus acertadas observaciones.

A la Dra. Karina Lugo Ibarra y el Ing. Emilio O Manjarrez Masuda por compartir esta experiencia conmigo. Al Comité Técnico de Aguas Subterránea de Maneadero A.C. , COTAS, por las facilidades para el trabajo de campo. Al Sr. Mercado y al Sr. Solorio por su confianza y por todo el apoyo.

A la generación 2009, con quien compartí estos más dos años en la bella ciudad de Ensenada; Lourdes Ojeda Murillo, Tatiana Montaña, Ailed Maymes, Gabriela Rodríguez Lizarraga, Tania de la Vega, Jenny Guzmán Nieto, Luz Adriana Ríos Espino, Roberto V Romero Guluarte, Roberto Rochín, Francisco de Jesús Martínez, Oscar Arizpe. Especialmete a Ivan Sujail Velázquez por decidir además seguir compartiendo la vida conmigo.

Resumen

El acuífero de Maneadero presenta síntomas graves de sobreexplotación que ponen en peligro la sostenibilidad de las actividades productivas de la zona, así como el abasto de agua potable para los asentamientos humanos. A partir de la integración de la información de la presión socioeconómica y el estado del acuífero, este último descrito en función de los estudios técnicos y los monitoreos a cargo de la academia, se establece la primera etapa para la elaboración de una herramienta de comunicación que promueva un diálogo de calidad entre los usuarios principales y la academia en un proceso de educación ambiental que permita el manejo integral del recurso agua subterránea y garantice el bienestar social, la estabilidad económica y el desarrollo de la región. Se han identificado y documentado, en la medida de lo posible, los huecos que limitan la gestión del recurso, así como las áreas de oportunidad para promover la gestión integral desde la academia. Esta investigación es el resultado de un proceso interdisciplinario que requiere seguimiento a corto, mediano y largo plazo.

Abstract

Maneadero's aquifer presents serious over-exploitation symptoms that put in danger the sustainability of the area productive activities as well as the potable water supply for humans. From the integration of the information of the socioeconomic pressure and the water-bearing situation, this last one described based on the technical studies and the Academy monitorings, settles down the first stage for the elaboration of a communication tool that promotes a dialogue of quality between the main users and the Academy in a process of environmental education that allows the integral handling of the resource underground water and guarantees the social welfare, the economic stability and the development of the region. They have been identified and documented, as far as possible, the gaps that limit the management of the resource, as well as the areas of opportunity to promote the integral management from the Academy. This investigation is the result of an interdisciplinary process that requires follow up at short, medium and long term.

CONTENIDO

Resumen	5
Abstract.....	5
1. Introducción	11
2. Fundamentos Teóricos	13
2.1. Manejo Integral de la Cuenca	13
2.2. Ciclo Hidrológico	14
2.3. Agua Subterránea	15
2.4. Balance Hidrológico	15
2.5. Interfase Salina	17
3. Antecedentes.....	18
3.1. Caracterizaciones Previas	18
3.2. Contexto Histórico	22
3.3. Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) en la Gestión Ambiental	26
4. Marco Conceptual.....	28
4.1. Marco Metodológico	30
5. Justificación.....	31
5.1. Escala Federal	32
5.2. Escala Regional	33
5.3. Escala Local	34
6. Hipótesis.....	36
6.1. Objetivo General	36
6.2. Objetivos Específicos	37
7. Metodología	37
7.1. Área de Estudio	37
7.2. Descripción del área de estudio.....	38
7.3. Estrategia Metodológica.....	40
7.3.1. Método para describir la Presión	42
7.3.2. Componente Económico	46
7.3.3. Componente Social.....	46
7.3.4. Método para determinar el Estado del Capital Natural	49

7.3.5. Método para integrar la información en un SIG	50
8. Resultados	50
8.1. Presión	50
8.1.1. Componente Económico	53
8.1.2. Componente Social.....	58
8.2. Estado del Capital Natural	64
8.2.1. Clima.....	64
8.2.2. Hidrogeología	65
8.2.3. Vegetación	72
8.2.4. Precipitación Pluvial.....	73
8.2.5. Evapotranspiración.....	74
8.2.6. Balance hidrológico del Acuífero de Maneadero	74
8.2.7. Monitoreo del Estado del Acuífero de Maneadero.....	75
8.2.8. Calidad del Agua.....	76
8.2.9. Monitoreo de la Calidad del Agua.....	76
8.2.10. Piezometría	79
8.3. Diseño de Capas de Información.....	83
Sección I. Información del Contexto.....	83
Sección II. Información del Área de Estudio	84
Sección III. Información de la Presión	87
9. Discusión.....	93
10. Conclusiones.....	101
11. Recomendaciones	101
12. G L O S A R I O	103
13. Bibliografía	105
14. Anexos	110
Anexo I.....	110
Anexo II.....	114
Anexo III	116
Anexo IV	118

FIGURAS

Figura 2. Interfase Salina. Tomado de SRH, 1974.....	17
Figura 3. Marco Conceptual (Adaptado de Constanza, 1992, Toledo et al., 2002).....	29
Figura 4. Modelo Presión-Estado-Respuesta (OCDE, 1993)	31
Figura 5. Contexto y área de estudio. Elaboración propia, a partir de información de CONAGUA, 2010.....	38
Figura 6. Cuenca del Valle de Maneadero 0212 (CONAGUA,2002)	39
Figura 7. Contexto y área de estudio sobre la imagen satelital LandSat, 2009. Elaboración propia.....	40
Figura 8. Esquema Metodológico. Elaboración Propia	41
Figura 9. Los estratos espaciales para la aplicación de la encuesta. Elaboración propia.....	47
Figura 10. Aumento del Número de Obras de extracción en el periodo 1937-2009. Fuente:(SRH, 1974) (Bertrán-Gómez, 1991) (CONAGUA, 2002, 2009)	51
Figura 11. Aprovechamientos de Agua Subterránea que se reportan en el Censo de Pozos 2002 comparado con el Censo de Pozos 2010. (CONAGUA 2002, 2010)	52
Figura 12. Volúmen de Extracción (m ³) por tipo el uso en 2010 (CONAGUA, 2010).	53
Figura 13. Ingreso por la actividad agrícola en el ciclo primavera-verano a través del tiempo. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA).....	54
Figura 14. Contribución por cada cultivo en la ganancia extraordinaria reportada en el ciclo primavera-verano 1999 (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA)	55
Figura 15. Ingreso por la actividad agrícola en el ciclo otoño-invierno a través del tiempo. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA).....	55
Figura 16. Ingreso extraordinario en el ciclo otoño-Invierno 1998-1999. Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA.....	56
Figura 17. Ingreso por cultivo perenne a través del tiempo. Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA.....	56
Figura 18. Contribución de cada cultivo durante el período perenne 1999-2000. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA).....	57
Figura 19. Ingresos por cultivos de invernadero.....	57
Figura 20. Dendograma que muestra la asociación de la variabilidad de las respuestas.....	59
Figura 21. La confianza que manifiestan los usuarios para usar agua tratada no depende de la calidad del agua subterránea ni de la proximidad al tanque de distribución.	60

Figura 22. Se definieron tres grupos según el tipo de cultivo que producen, luego se preguntó si ha pensado en utilizar agua tratada en alguna de sus actividades.	60
Figura 23. Reconoce que el acuífero presenta sobreexplotación, reutiliza el agua en sus actividades cotidianas.	61
Figura 24. Temperatura máxima, mínima y media reportada en el período 1977-2009 (°C).....	65
Figura 25. Carta de la hidrología superficial (Carta de Hidrología Superficial, INEGI. Serie I).....	66
Figura 26.(A) Modelo geológico de Pérez-Flores <i>et al.</i> (2004). Las curvas de nivel representan la topografía del basamento cada 50 metros. (B) Carta Geológica 1:250,000 (INEGI, Serie I).....	68
Figura 27. Conformación hidrogeológica de Maneadero. Elaboración Propia.	69
Figura 28. Fenómenos antropogénicos que merman la calidad de la recarga natural.	71
Figura 29. Localización del valle de Maneadero en la región Californiana: provincia Bajo-Californiana. Tomado de (Peinado y Delgadillo, 1990).....	72
Figura 30. Precipitación anual acumulada (mm/año), CONAGUA, 2010.....	74
Figura 31. Distribución espacial de STD obtenidos durante el muestreo de pozos marzo y abril del 2011 (Manjarrez, 2011).....	77
Figura 32. Evolución de la concentración de SDT (ppm) en el período 1974-2011. Elaboración propia.	78
Figura 33. Perfiles de resistividades para el cálculo de las superficies a diferentes profundidades (Serrano-Ortiz, 2011).....	79
Figura 34. Red Piezométrica, COTAS 2009.....	82
Figura 35. Contexto y área de estudio de la investigación.....	84
Figura 36. Zoom del Área de Estudio (valle).....	87
Figura 37. Presión por el volumen de extracción reportado.....	88
Figura 38. Histograma por zonas (UMG) del volumen extracción de agua subterránea reportado (CONAGUA 2010).	89
Figura 39. Tipo de Cultivo, CONAGUA 2010.....	90
Figura 40. Parcelas que actualmente tienen mayor disposición a ser regadas con agua residual tratada.....	91
Figura 41. Modelo de Presión-Estado-Respuesta donde el SIG tiene cabida como una respuesta que promueve la comunicación. Elaboración Propia.....	99

T A B L A S

Tabla 1. Objetivos y acciones concretas determinadas en el Proyecto	21
Tabla 2. Línea del tiempo sobre el Acuífero de Maneadero	22
Tabla 3. Problemas Identificados en un Foro Ciudadano, Haciendo lo Necesario, 2010.	34
Tabla 4. Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea del Acuífero de Maneadero (CONAGUA, 2002).....	43
Tabla 5. Primera parte de los campos que conforman el Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea 2010, CONAGUA	44
Tabla 6. Segunda parte de los campos que conforman el Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea 2010, CONAGUA.	45
Tabla 7. Campos que integran la Base de Datos de Uso Agrícola 2002-2010.....	53
Tabla 8. Duración del año agrícola en México	54
Tabla 9. Calidad del Agua Potable a partir de la concentración de SDT (ppm)	76
Tabla 10. Ubicación espacial del mosaico de imágenes SPOT	86
Tabla 11. Arreglo del mosaico del MDE. Escala 1:50,000	87

1. Introducción

La naturaleza es fuente de los recursos y sumidero de los residuos generados por el sistema económico. La buena salud de la economía y el bienestar humano están en largo plazo supeditados al mantenimiento de la integridad y la **resiliencia** de los ecosistemas que la engloban. El que la **teoría económica estándar** haya ignorado este hecho, ha sido identificado como la causa fundamental de la crisis ecológica (Gómez-Baggethun, 2007).

La actual crisis ecológica es un problema global originado por múltiples decisiones locales, en diferentes regiones del mundo, como respuesta a la presión del mercado, en donde se prefiere el suministro de otros servicios, como son los alimentos, sin considerar el bienestar de los ecosistemas. Esto ha provocado que los **servicios ambientales** se degraden y se propicien alteraciones bruscas en la calidad del aire, del suelo y del agua (Millenium, 2003).

Algunos economistas ya reconocen que el concepto de rentabilidad no se puede separar del costo ecológico, lo cual es igual a un costo ambiental que conlleva un precio económico a veces imposible de cubrir (Ramírez-Acosta y Mendoza-Espinosa, 2005). En el mismo sentido, cualquier mejora en la **sostenibilidad** mundial implica cambios en la manera de vivir y de concebir el mundo. Faltará ver si estos cambios (en general renuncias) serán aceptados por los actores actualmente beneficiarios de facto. Tampoco hacer un mundo más **sostenible** (menos insostenible) será “a coste económico cero” (Gill, 2007).

La problemática de la crisis ambiental y la polarización social han marcado el final del siglo XX y han cuestionado el progreso indefinido que nos había propuesto la civilización industrial (Naredo, 2004). La conservación de la naturaleza no se plantea ya únicamente en términos de un deber ético de cara a las generaciones futuras, ni como un consumo de lujo que sólo está al alcance de las mal llamadas sociedades post-materialistas. Los ecosistemas y su mantenimiento ahora son reconocidos

como la base de la subsistencia humana, así como del desarrollo económico y social del que depende nuestro bienestar (Millenium, 2003). En el presente estudio se aborda de manera particular el problema de la escasez de agua potable derivada de la interrupción del ciclo hidrológico y de la desorganizada distribución del recurso.

En los siguientes capítulos se exponen: primeramente los Fundamentos Teóricos del funcionamiento del agua subterránea en un acuífero costero, por ser la característica principal del área de estudio (Capítulo 2); después los Antecedentes donde se abordan los trabajos previos -que se han hecho con miras a promover el manejo integral del acuífero de Maneadero- que es nuestro caso de estudio y se pone de manifiesto la necesidad de contar con un Sistema de Información Geográfico (SIG). Para finalizar este capítulo, se resume en una tabla los eventos a lo largo del tiempo que han contribuido, de forma positiva y negativa, a la situación de sobreexplotación que hoy enfrentamos (Capítulo 3). Posteriormente se expone El Marco Conceptual que sustenta los objetivos y el marco metodológico de la investigación (Capítulo 4). Luego la Justificación en el marco de los acuerdos internacionales, de la agenda nacional y de los foros locales al respecto de la gestión del recurso hídrico (Capítulo 5). Posteriormente se señala la Hipótesis, el Objetivo General y los Objetivos Específicos (Capítulo 6). En la Metodología se define y describe el área de estudio, luego se propone una estrategia metodológica guía (Capítulo 7). Los Resultados se presentan en tres secciones independientes del capítulo 8: la primera describe la presión socioeconómica que se ejerce sobre el recurso hídrico (Capítulo 8a), la segunda describe el estado que presenta el acuífero, que se reconoce como el capital natural (Capítulo 8b), la tercera y última describe las capas de información con las que cuenta el Sistema de Información Geográfica (SIG) (Capítulo 8c), que es el producto final de este trabajo, para darle paso a la Discusión (Capítulo 9), así como a las Conclusiones (Capítulo 10) y las Recomendaciones (Capítulo 11) para el corto, mediano y largo

plazo. También se anexa un Glosario (Capítulo 12) de los términos que durante el desarrollo de la redacción estén en **negritas**, ya que esta investigación es de naturaleza interdisciplinaria y utiliza conceptos propios de diversas disciplinas. Para consultar el producto final de este trabajo ponerse en contacto con el Dr. Luis Walter Daesslé o el M.C. Ricardo Bernardino Eaton.

2. Fundamentos Teóricos

En este capítulo se hace una revisión del componente básico del manejo integral de la cuenca. Asimismo, se suministra información sobre la estructura del ecosistema y los fundamentos teóricos del funcionamiento del agua subterránea en un acuífero costero.

2.1. Manejo Integral de la Cuenca

Leendertse et al. (2008) señalan que en el manejo integral del recurso agua (Integrated Water Management - IWM, por sus siglas en inglés), la unidad básica de estudio es toda la cuenca y los procesos que en ella ocurren. El reto para garantizar la **sostenibilidad** del recurso es asegurar que el ciclo hidrológico se lleve a cabo en óptimas condiciones en toda la cuenca (alta, media, baja). Para lograrlo es necesario integrar y ponderar las necesidades del medio biofísico (cuenca en equilibrio) y las actividades humanas: agricultura, ganadería y servicios (desarrollo de la región). En el manejo integral del recurso agua, el ambiente es el usuario principal, se proporciona el agua suficiente para mantener al ecosistema sano mientras que para las actividades humanas como la agricultura y la ganadería se prefiere el reuso (Ramírez-Acosta y Mendoza-Espinosa, 2004).

2.2. Ciclo Hidrológico

El agua se mueve del océano a la atmósfera y de ésta al océano, siguiendo un patrón que se conoce como ciclo hidrológico (Figura). Aunque está en continuo movimiento, puede permanecer almacenada temporalmente (hasta por siglos) ya sea en el interior de la Tierra (acuíferos), sobre la superficie (ríos, lagunas y glaciares) o en la atmósfera. Del volumen total del agua en el planeta (1,358 millones km³) sólo un 0.005% se mueve a través del ciclo y se estima que sólo 37,000 km³ caen en la superficie continental en forma de lluvia (Owen, 2000).

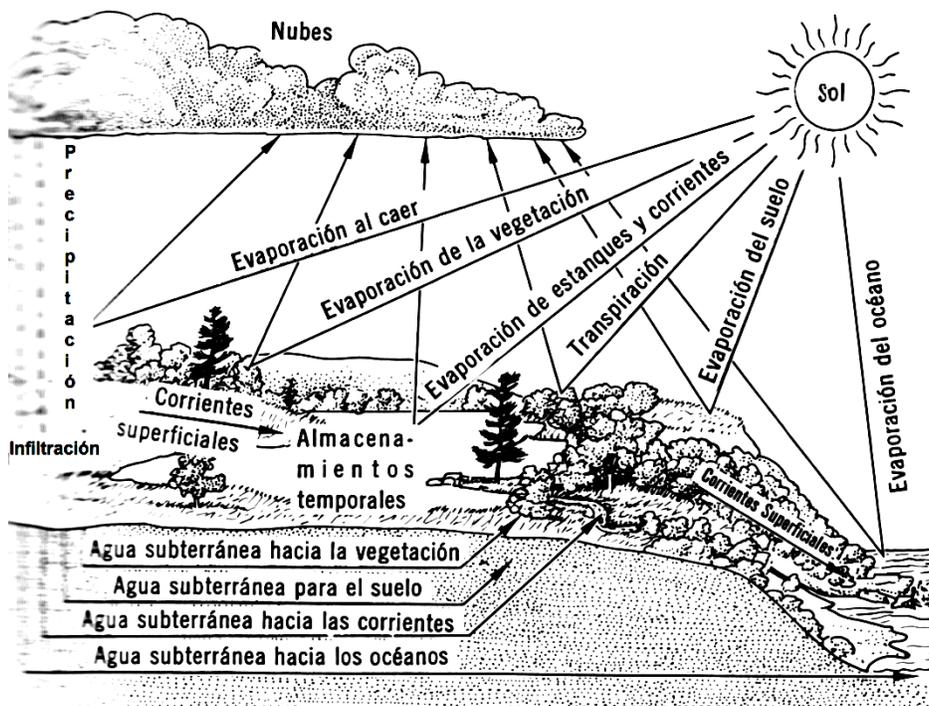


Figura ., Ciclo Hidrológico. La superficie de agua oceánica se evapora como resultado de la radiación solar y se eleva a la atmósfera en forma de vapor de agua. La evaporación puede originarse directamente en la superficie de la vegetación, proceso conocido como evapotranspiración, o en la superficie de los arroyos, ríos o lagunas también por efecto de la radiación solar. A medida que el vapor de agua se eleva, gradualmente se enfría, condensándose en forma de nubes; cuando las nubes se enfrían lo suficiente, se precipitan en forma de lluvia, nieve, granizo o aguanieve. La mayor parte regresa al océano y la parte que precipita en la superficie continental recarga el agua superficial y subterránea contenida en los ríos, lagunas, arroyos y acuíferos. Tomado de Owen, 2000

2.3. Agua Subterránea

El caso que nos ocupa es el acuífero de Maneadero en Ensenada, Baja California, México. El Valle de Maneadero, ubicado 10 km al sur de la ciudad de Ensenada, ha dependido del agua subterránea del acuífero desde principios del siglo XX y se ha caracterizado por una prolifera actividad agrícola en una extensión parcelada que asciende a 4,200 ha. Sin embargo, en la década de los 60 presentó los primeros síntomas de sobreexplotación.

El agua subterránea del acuífero de Maneadero proviene de la lluvia que, al circular por el subsuelo, entra en contacto con diversas formaciones geológicas, disolviendo las sales que forman parte de las rocas o que se encuentran como precipitados entre ellas (SRH, 1974). Entonces, la importancia del acuífero como reserva de agua potable se acentúa al reconocer que la región se encuentra en un clima seco, donde las precipitaciones son escasas y prevalecen periodos largos de **estiaje** (CONAGUA, 2002).

2.4. Balance Hidrológico

Como se expuso en el apartado anterior, el recurso natural para la recarga de los acuíferos es la precipitación (P). Aunque ésta manifiesta pérdidas por evapotranspiración (ET), luego fluye a través de corrientes hidrológicas sobre el suelo y el subsuelo para dar origen al agua superficial (S_R) y al agua subterránea (G_R). El flujo de agua subterránea se compone de la recarga de acuíferos e incluye descarga natural a manantiales (Q_G) y extracciones artificiales (Q_A).

$$P = ET + S_R + G_R \pm \Delta S$$

Ecuación

En el corto plazo, semanas o meses, la ecuación es balanceada por la permeabilidad de los suelos y el almacenamiento de agua subterránea (ΔS) (contenido de humedad de los suelos y los niveles de agua subterránea). En el largo plazo, algunos años, los cambios en el balance son igual a cero ($\Delta S=0$) y la recarga total (G_R) incluye sólo las pérdidas por descarga natural a manantiales (Q_G) y extracciones artificiales (Q_A) como se muestra en la Ecuación 1.

$$G_R = Q_G + Q_A$$

Ecuación 1

Entonces,

$$P - ET = S_R + Q_G + Q_A$$

Ecuación 2

La diferencia entre el volumen de la precipitación fluvial y la evapotranspiración es igual al flujo de agua superficial, menos la descarga natural a los manantiales y la extracción antropogénica, el remanente es el agua subterránea almacenada en el acuífero. La ecuación 3 se conoce como el balance hidrológico. Cuando la extracción es mayor a la recarga (Ecuación 3), el acuífero está sobreexplotado (Hiscock, 2005).

$$Q_A > G_R - Q_G$$

Ecuación 3

2.5. Interfase Salina

En un acuífero costero, como es el caso de Maneadero, el agua dulce se encuentra en contacto con el agua de mar. Debido a la diferencia de densidades, el contacto entre las dos masas de agua se localiza debajo del nivel del mar cumpliendo la relación expresada en la Ecuación 4.

$$H_d = 40H_s$$

Ecuación 4

Donde H_d es la altura del agua, con respecto al mar y H_s es la profundidad al contacto entre los dos tipos de agua. Las alteraciones sufridas como son la variación anual del **nivel estático** del agua, en las temporadas de lluvia y **estiaje**, o el movimiento de la marea, ocasionan que el contacto entre las dos masas de agua esté en constante fluctuación. La zona comprendida entre las fluctuaciones, es llamada zona de difusión y conocida más comúnmente como interfase salina (Figura 1) (SRH, 1974)

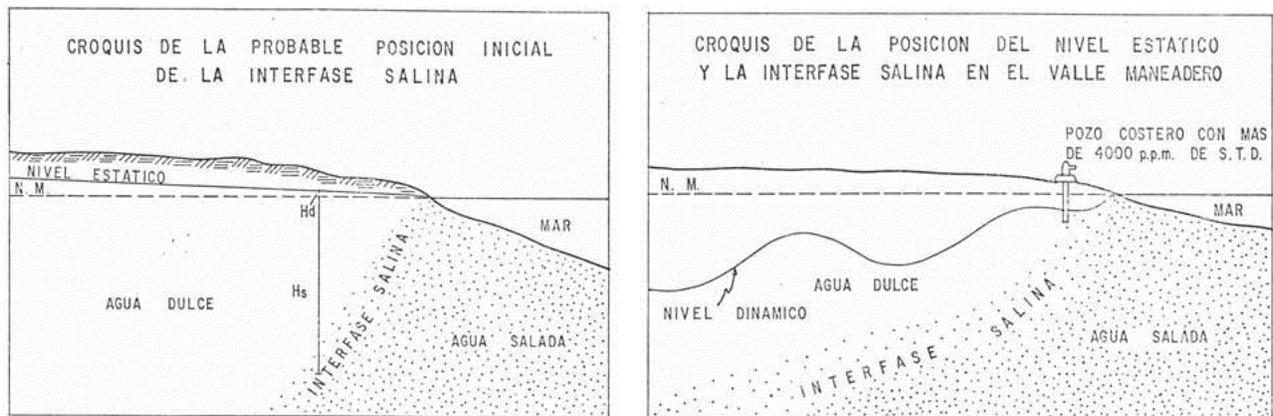


Figura 1. Interfase Salina. En el acuífero de Maneadero, existe un abatimiento del nivel piezométrico estático, reportado desde 1974, debido a la fuerte extracción de agua subterránea, ocasionando que la interfase se mueva hacia el acuífero. Tomado de SRH, 1974

3. Antecedentes

El acuífero de Maneadero abastece de agua potable al poblado de Maneadero que cuenta con 15 038 habitantes (INEGI, 2010) y desde 1969 manda agua potable a la Ciudad de Ensenada. El acueducto de que transporta el agua del acuífero de Maneadero a la zona sur de la Ciudad de Ensenada es de 500 mm (20”) de diámetro y tiene una capacidad máxima de 500 lps, sin embargo no existe una buena regularización del acueducto Maneadero ni del volumen que proporcionan los pozos de CESPE a la ciudad de Ensenada (PIAE, 2008). Aunado a esto, las lluvias intermitentes propias de las zonas áridas han provocado la sobreexplotación del acuífero, que presentó los primeros síntomas de sobreexplotación en 1960.

3.1. Caracterizaciones Previas

La primera caracterización del acuífero de la que se tiene registro, es el diagnóstico agropecuario que se realizó en julio de 1978 por Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S. A., consultores contratados por la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Los objetivos del diagnóstico fueron integrar la información técnica recabada por las oficinas de los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal y Municipal), y darle seguimiento a los monitoreos que ya se venían realizando (censo de aprovechamientos, piezometría y composición química del agua subterránea), además de establecer los lineamientos para la elaboración de un proyecto agropecuario que garantizara el desarrollo integral del valle. Las recomendaciones fueron programar la rotación de cultivos, implantar el riego por goteo, mejorar el manejo del ganado y asignar a cada usuario un volumen máximo de explotación anual (SARH, 1978). Sin embargo, las prácticas tecnológicas que se implementaron para lograr un uso eficiente del agua (riego por goteo), aún cuando permitieron disminuir la cantidad de agua que se requiere por hectárea de riego, no

consiguieron que los ahorros del líquido repercutieran en disminuir la extracción de agua subterránea. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2005), el ahorro del agua que proviene del empleo de estas tecnologías eficientes se utiliza para extender las superficies irrigadas, para tener más de una temporada de siembra al año o para introducir cultivos que requieren mucha más agua, por lo que el impacto ecológico de la sobreexplotación del acuífero no se resuelve con la modernización de la tecnología aplicada. Incluso este impacto puede aumentar al proporcionar a los agricultores medios más económicos de extracción del líquido. Ésto no significa que el fomento en la modernización de tecnologías sea una política inadecuada, sino que es insuficiente y algunas veces contraproducente si no se acompaña de medidas que realmente permitan un uso eficiente del agua y eviten la sobreexplotación de los acuíferos (CONAGUA, 2005).

El 29 de agosto del 2001 se celebró una reunión donde fue presentada una propuesta con los planteamientos fundamentales para la realización del proyecto “uso sustentable del acuífero de Maneadero”, la cual había sido elaborada en un taller de planeación participativa efectuado a finales de julio y principios de agosto del mismo año, donde participaron usuarios del COTAS (Comité Técnico de Aguas Subterránea de Maneadero A. C.), representantes de la Gerencia Regional de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), SFA (Secretaría de Fomentos Agropecuario), CESPE (Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada), consultores del ramo, así como investigadores y especialistas de la UABC (Universidad Autónoma de Baja California) y del CICESE (Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada) (CICESE, 2001).

De acuerdo al documento elaborado en este taller, la sobreexplotación del acuífero de Maneadero ha sido ocasionado principalmente por la escasa percepción del problema entre los usuarios principales (agricultores), pues se desconoce qué son los acuíferos y cómo funcionan; en qué consiste la sobreexplotación, sus efectos y consecuencias; no hay conciencia sobre el problema, pues la prioridad es mantener los ingresos con los cultivos actuales (CICESE, 2001). En la

En diciembre del 2002, la Comisión Nacional del Agua como responsable de administrar y preservar las aguas nacionales (acuíferos, mares territoriales, lagos y ríos) (Ley de Aguas Nacionales, 1992), contrató a la empresa Desarrollo y Sistemas, S. A., para la elaboración del Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Maneadero, B.C, México (CONAGUA, 2002). El documento es una investigación del estado que presenta el acuífero y la presión a la que está sometido. También contiene un análisis de propuestas viables para disminuir la presión socioeconómica y promover el manejo integral. Sin embargo, esta publicación no es de fácil acceso a los usuarios, ni a los comités consultivos. Además de que no fue resultado de un proceso colectivo, como se requiere para lograr un manejo integral del recurso hídrico (Jonch-Clausen, 2004). Tras nueve años de su publicación, no se han logrado poner en marcha las acciones que se recomiendan.

Tabla 1 se presentan las acciones que se determinaron para alcanzar los 6 objetivos superiores del proyecto (UABC, 2005). Sin embargo, ninguno está encaminado a fortalecer la percepción que los usuarios tienen del problema de sobreexplotación, aunque éste fue identificado como el problema principal en el mismo grupo de trabajo.

En diciembre del 2002, la Comisión Nacional del Agua como responsable de administrar y preservar las aguas nacionales (acuíferos, mares territoriales, lagos y ríos) (Ley de Aguas

Nacionales, 1992), contrató a la empresa Desarrollo y Sistemas, S. A., para la elaboración del Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Maneadero, B.C, México (CONAGUA, 2002). El documento es una investigación del estado que presenta el acuífero y la presión a la que está sometido. También contiene un análisis de propuestas viables para disminuir la presión socioeconómica y promover el manejo integral. Sin embargo, esta publicación no es de fácil acceso a los usuarios, ni a los comités consultivos. Además de que no fue resultado de un proceso colectivo, como se requiere para lograr un manejo integral del recurso hídrico (Jonch-Clausen, 2004). Tras nueve años de su publicación, no se han logrado poner en marcha las acciones que se recomiendan.

Tabla 1. Objetivos y acciones concretas determinadas en el Proyecto

Proyecto para el Uso Sustentable del Acuífero de Maneadero					
<i>Objetivos superiores</i>					
Mejorar la eficiencia en la distribución del agua y su uso; reuso de aguas residuales	Cumplimiento de los volúmenes concesionados	Contar con un Plan de Manejo del Acuífero*	Mejora en el uso y manejo de los sistemas de riego	Recargar de manera suficiente el acuífero	Disponer de recursos suficientes para el manejo sustentable del recurso
Para cumplir con los 6 objetivos superiores, se propusieron 33 actividades y 83 sub-actividades					
<i>El Grupo Especializado de Trabajo GET, mediante consenso institucional ha seleccionado las siguientes acciones prioritarias</i>					
<ul style="list-style-type: none"> • Reuso de aguas tratadas en irrigación de productos agrícolas • Definición del uso del agua y suelo • Monitoreo de la calidad del agua residual 	<ul style="list-style-type: none"> • Macro y micro medición • Cumplimiento de asignaciones y concesiones • Pago del agua en la agricultura 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de manejo del acuífero • Estudios técnicos sistemáticos • Sistema de información integral • Determinación del padrón de usuarios • Reglamentación del acuífero 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la infraestructura hidroagrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • Obras de recarga • Recarga de aguas residuales al acuífero • Calidad del agua residual • Demarcación de zonas federales • Regulación de extracción de materiales pétreos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exponer ante el Grupo de Seguimiento, las acciones prioritarias para impulsar la gestión de recursos

Fuente: UABC (2005).

3.2. Contexto Histórico

En la tabla 2 se sintetiza, en forma de línea del tiempo, cómo fue evolucionando la sobreexplotación del acuífero de Maneadero. En esta línea de tiempo se distinguen los traslapes de intereses socioeconómicos, que son el principal problema al que se enfrenta la gestión hídrica en general (Barkin, 2006). Además, se incorpora la información de las acciones implementadas por la CESPE para proveer al municipio de agua residual tratada de calidad.

Tabla 2. Línea del tiempo sobre el Acuífero de Maneadero

	Periodo en el Tiempo	Fenómeno	Descripción del fenómeno
Desde 1950 ocurría una prolongada sequía hasta 1977 (27 años).	Década de los 60	Primeros indicios de SOBREEXPLOTACIÓN	Se implantaron cultivos con riego rodado. Se desarrollaron monocultivos con la predominancia de chile seco, en producciones de 1,500 a 3,000 t/año en más de 1,000 ha de la zona agrícola.
	21 de febrero de 1961	VEDA del acuífero	<ul style="list-style-type: none"> - Agua tratada de la planta el Gallo. - Contaminación de STD en casi 2500 ha. - Cesa la Transferencia de Agua.
	1969 - 1990	Maneadero --> Ensenada	La extracción se incrementó gradualmente, hasta 7.5x106m ³ posteriormente se redujo ligeramente, al observar que la concentración de STD superaba las 1,700 ppm
	1971	Censo de Obras 1971	La entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) reportó la existencia de 213 obras, de las cuales de las cuales 114 para fines agrícolas, 17 para uso doméstico e industrial; se reportaron 146 obras activas, extrayendo un volumen de agua subterránea del orden de 20x106m ³ /ano
	1974	Censo de Obras 1974	La entonces Secretaría de de Recursos Hidráulicos (SRH) reporta un censo de 305 aprovechamientos, correspondientes a 190 pozos, 107 norias y 8 manantiales, de los cuales 213 estaban en operación extrayendo un volumen de 24m ³ /ano. Prácticamente todo el valle presenta ya elevaciones del nivel estático bajo el nivel del mar y la concentración de STD varía entre 1000 y 2500 ppm.
		Convenio	Las aguas residuales deben ser tratadas por Ensenada para restituir los volúmenes extraídos
	1976	Estudios Técnicos del estado del acuífero	La para entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) realizó el Estudio Geohidrológico de la cuenca del Valle de Maneadero, así como Estudios control Piezométrica e Hidrogeoquímica del acuífero y Estudios de Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de Maneadero.
Prolifera Actividad Agrícola	22 de Diciembre de 1977	Gran Precipitación Pluvial	Precipitación de 109,220 mm
	1979	Descarga de agua subterránea al mar.	Una precipitación menor, pero del mismo orden de magnitud causó severas inundaciones, dicha situación hizo intangible la carencia de agua durante algunos años.
		Esta situación incitó al gobierno al justificado aprovechamiento del agua subterránea.	<ul style="list-style-type: none"> - Se perforaron nuevos pozos. - Surgieron las hortalizas comercializadas hacia los EEUU. - Se desarrolla una notable tecnología de riego.

	1980	Las localidades de Ensenada y del Valle de Maneadero incrementan su necesidad de agua hasta órdenes de magnitud que reducen de forma incipiente pero significativa la disponibilidad de agua para fines agrícolas.	
	1984	Extracción máxima, aproximadamente 28x106 m³.	
	1985	Fueron Repuestos los pozos para la ciudad de Ensenada. Los pozos de CESPE cuentan con profundidades de hasta 100m, mientras que los pozos agrícolas contiguos, tan sólo de 30 m.	
Manejo Insostenible del Recurso Hídrico	1986	La Bahía de Todos Santos es contaminada, en gran parte, por el vertido de aguas negras de la Ciudad de Ensenada.	
	1991	La Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua realiza la Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de Maneadero, Ensenada, Baja California.	
	1995	CESPE construye Planta de Tratamiento de Agua Municipal "El Naranjo"	Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales y negras "El Naranjo", con una capacidad actual de 0.500 m3 por segundo cuyo proceso consiste en zanjas de oxidación.
			El agua tratada en la planta el Naranjo es vertida sobre el arroyo el Gallo.
	2000	Convenio UABC – CESPE	Programa permanente de seguimiento de la Calidad Sanitaria de las Aguas Residuales Tratadas en la Ciudad de Ensenada, Baja California.
	2002	La demanda no se reduce; se emplean plantas desalinizadoras de ósmosis inversa para reducir la concentración de salinidad en el agua (al menos tres en operación); igualmente se mezclan las aguas para su mayor consumo.	
	Diciembre 2002	Plan de Manejo Integrado del Agua	
	2006	CESPE conecta Planta el Naranjo con el Valle de Maneadero.	Construyen 12,845 metros lineales de Emisor de Agua Tratada de 500 lps. De la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales "El Naranjo" al Valle de Maneadero.
	2009	CESPE construye Planta de Tratamiento de Agua Municipal en el poblado de Maneadero.	Construcción de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el poblado de Maneadero, con un gasto de 30.00 lps, en la cual se realizo una inversión de 43.99 mdp.
2011	Ampliación del convenio.	Programa permanente de seguimiento de la Calidad Sanitaria de las Aguas Residuales Tratadas en la Ciudad de Ensenada, Baja California.	

Fuente: Elaboración Propia con información extraída de (CONAGUA, 2002)(www.cespe.gob.mx).

Las acciones que se han implementado por parte de las autoridades federales como CONAGUA para lograr un manejo sostenible, son en su mayoría proyectos de inversión importantes donde se evidencia el desconocimiento de los ecosistemas áridos que es una característica única del norte del país, mientras que las acciones implementadas por el municipio (CESPE en colaboración con UABC) se han abocado al fortalecimiento de la infraestructura técnica y tecnológica para proveer de agua residual tratada de calidad al municipio. El sector académico (UABC, CICESE), así como consejos consultivos (COTAS) se han ocupado del monitoreo de la calidad del agua subterránea. Sin embargo, pocos son los esfuerzos y más dispersos que los estudios técnicos, son los estudios

sociales o multidisciplinarios que aborden esta problemática con un enfoque **holístico** y como un proceso comunitario.

A escala nacional existe una propuesta de ley con la finalidad de hacer obligatorio el reúso de las aguas residuales tratadas, que el diputado Héctor Manuel Ramos Covarrubias del grupo parlamentario del Partido Acción Nacional (PAN), sometió al congreso federal en la pasada legislatura (2006-2009). Además, académicos y especialistas propusieron al Senado de la República reformas a la Ley de Aguas Nacionales. Judith Domínguez Serrano, investigadora del Colegio de México, advirtió que la Ley de Aguas Nacionales quedó incompleta desde que se aprobó en 2004. Esta ley, explicó, requiere actualizarse para definir las responsabilidades de los consumidores y los organismos proveedores de agua, y para ello la federación debe otorgar a los municipios sustentabilidad financiera para que tengan capacidad de ofrecer este servicio con calidad y eficacia (Teorema Ambiental, 2011).

En el ámbito municipal, a partir de mayo del 2010, la CESPE puso en marcha un proyecto para reutilizar aguas tratadas en cultivos ornamentales en coordinación con el Sistema Producto Flor de Baja California. El proyecto piloto analiza y mide el impacto del uso de aguas residuales tratadas sobre la sanidad de la tierra y los cultivos. Además, la petición de regar cultivos ornamentales con aguas tratadas generó que el Gobierno del Estado otorgara 80 millones de pesos para una red de tubería morada, que ya está en condiciones de enviar al Valle de Maneadero las aguas tratadas (El Vigía, 2011).

Un caso exitoso en la gestión sostenible del recurso hídrico, mediante la adaptación institucional y sustentabilidad socio-productiva, es el Distrito de Riego 066 del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Ahí la transferencia del distrito de riego a los usuarios trajo consigo un cambio de la forma de entender y asumir la compleja realidad del Valle de Santo Domingo. Se creó un módulo

de capacitación para el uso eficiente del agua y se sustituyó el personal de supervisión de la CONAGUA por personal de la Asociación de Usuarios de Agua (AUA), con perfil de Ingenieros agrónomos capacitados en el uso de tecnología para riego. Asimismo, se hizo transparente el mercado del agua entre los usuarios por medio de la publicación detallada por usuario de la extracción anual, dotación anual, compras y ventas, dotación disponible - afectada por compras y ventas - y adeudos por consumo de agua. Lo anterior, aunado a una fuerte campaña de concientización sobre la importancia del uso racional del recurso, emprendida por la CONAGUA y la AUA, dio como resultado que en el año 2003, se pudiera alcanzar el equilibrio del acuífero, situación que se ha mantenido hasta el ciclo actual (Rivera-Velázquez *et al.*, 2010). Ahora el principal reto es mantener el equilibrio en la operación del acuífero, así como los beneficios que de esto se derivan: subsidios para la tecnificación del riego, investigación para el cambio en el patrón de cultivos que permitan mantener la salud financiera de las unidades de producción a pesar de contar con menor superficie establecida (esto principalmente al migrar de los cultivos tradicionales a cultivos con una mayor productividad con respecto al agua utilizada, como es el caso de las hortalizas, el espárrago, el garbanzo, el cártamo); diseñar estrategias financieras que estimulan el fomento a la agricultura en invernadero, que optimiza el uso de los recursos naturales, pero también su rentabilidad y calidad, lo que permite incursionar en los mercados más exigentes (Rivera-Velázquez *et al.*, 2010).

En el caso que nos ocupa, aunque ya hay algunas iniciativas en los tres niveles de gobierno encaminadas a lograr un manejo integral de la cuenca, aún falta vincular estos esfuerzos en un proyecto comunitario más tangible como es el caso del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur.

3.3. Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) en la Gestión Ambiental

A partir del Proyecto para el Uso Sustentable del Acuífero de Maneadero, el presente trabajo responde a la actividad “Sistema de Información Integral” definida en dicho proyecto (que se recomiendan.

Tabla 1), además de que es una de las acciones que se incluyen para la actualización del Plan de Manejo Integrado del agua para el Acuífero de Maneadero de la CONAGUA.

Se pretende que el Sistema de Información Integral esté disponible a los usuarios, investigadores, gobierno y asociaciones civiles mediante un Sistema de información Geográfico en línea (*webGIS* por sus siglas en inglés), para que sirva como herramienta de comunicación y fortalezca la percepción del problema entre los usuarios.

Se trata de una primera etapa de caracterización integral del acuífero que nos permita incursionar en un proceso de educación ambiental a largo plazo, que facilite la comunicación entre usuarios y academia con miras a fortalecer la percepción del problema de sobreexplotación.

Todo problema ambiental implica un efecto colateral negativo de la interacción sociedad-naturaleza. Como en cualquier otra problemática, se requiere de datos, de variables que describan la situación de interés. En este caso, los datos deben ser capaces de describir objetos y procesos en su localización espacial y en sus características no espaciales. Los SIG permiten la captura, almacenamiento, edición y análisis de datos geográficos, con objeto de generar información válida para la toma de decisiones. Los SIG son instrumentos básicos en la gestión ambiental que presentan la información en un formato accesible a los usuarios (Bocco, 2000).

La gestión de datos geográficos en México es una tarea difícil. La negativa para proporcionar la información más elemental, no solo evidencia la falta de buena voluntad; en muchos casos es el producto de la ausencia de sistemas adecuados para su recopilación que genera obstáculos para que las propias agencias puedan funcionar de manera profesional, en un ambiente de carencia, mediocridad y corrupción (Barkin, 2006).

Es importante hacer notar que el manejo de información geográfica incluye los siguientes temas: sistemas de información geográfica, evaluación de bases de datos cartográficas, métodos de interpolación espacial, geoestadística y percepción remota (Bautista-Zuniga, 2011). De ahí deriva la necesidad de contar con un equipo multidisciplinario de especialistas y un diseño operacional relativamente simple para ofrecer la información obtenida a los tomadores de decisiones y tener amplia comunicación con los usuarios en foros locales y regionales (Bocco, 2000).

Aunque en el pasado, éstos aspectos eran vistos como responsabilidad del gobierno (Chenoweth, 2003), hoy se reconoce que los usuarios deben involucrarse en el manejo de los recursos hídricos de una forma activa. El presente trabajo pretende ser la pauta para comenzar un proceso de educación ambiental que promueva un manejo **holístico** a partir del diseño de un Sistema de Información Geográfico del Acuífero de Manadero que logre en el largo plazo ser participativo y que promueva la comunicación entre academia y usuarios, así como el desarrollo de estudios integrales.

4. Marco Conceptual

Se ha advertido que para que los esfuerzos técnicos de infraestructura, monitoreo y de generación de nuevo conocimiento sean de utilidad a la sociedad, deben ser comunicados eficientemente. En consecuencia, uno de los principales retos que enfrenta la ciencia ecológica en la actualidad, es cómo articular estos procesos con los de comunicación y utilización (Castillo, 2002).

La mayor parte de la comunicación humana tiene contenidos nobles, pero la que se refiere al conocimiento científico supera en trascendencia a todos los tipos de información inventados por el hombre (Hernando, 2002). Entre los científicos existe una creciente preocupación respecto a las posibilidades de la utilización práctica del conocimiento que se genera. El principal motivo de tal preocupación es que, a pesar del creciente número de publicaciones y medios de difusión del conocimiento ecológico, aquellos problemas tales como la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación de ecosistemas y la sobreexplotación de los recursos, continúan incrementándose a tasas cada vez más alarmantes teniendo efectos tanto en el nivel global como local (Castillo, 2002).

En el marco conceptual que se presenta en la figura 3, se propone que la comunicación entre academia y usuarios, dentro de un proceso de educación ambiental, es inversamente proporcional a la presión socioeconómica que se ejerce sobre el sistema. Es decir, para nuestro caso, si se promueve un diálogo de calidad entre los usuarios principales y los estudiosos del recurso, se reducirá la presión socioeconómica a la que está sometido el acuífero.

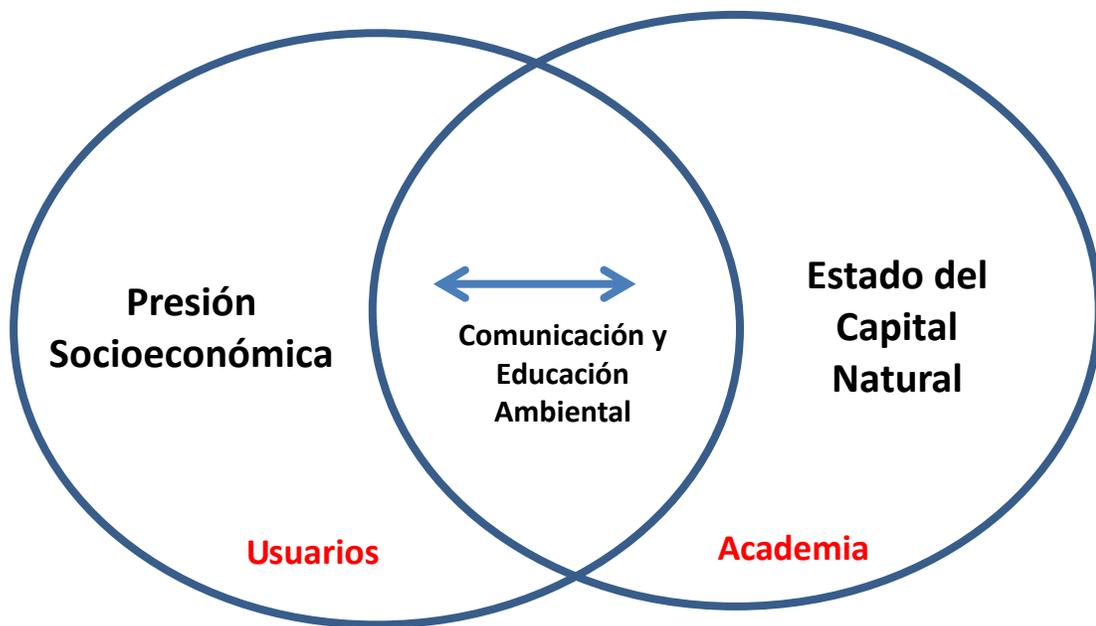


Figura 2. Marco Conceptual (Adaptado de Constanza, 1992, Toledo et al., 2002) La educación ambiental se debe ofrecer a todos los seres humanos, independientemente de su edad, sexo, raza, nacionalidad e ideología. El objetivo final de la educación ambiental es ayudar al hombre a que tome ante las cosas una actitud que le permita juzgarlas según el valor de cada una.

Lo anterior propone que la institución científica debe aceptar su responsabilidad social y asumir su papel en la comunicación y utilización del conocimiento ecológico y no sólo en su generación. Sólo con un cambio de actitud de los científicos y sus instituciones se podrá entonces construir una ciencia ecológica acorde con las críticas realidades socioambientales a la que nos enfrentamos hoy en día (Castillo, 2002).

Uno de los principales vínculos que debe impulsarse es el que existe entre los productores rurales con los sectores responsables de la investigación científica y tecnología con el fin de incorporar el conocimiento generado en las prácticas de uso y manejo de los recursos naturales y, asimismo que los conocimientos de los productores rurales, retroalimenten la investigación científica. Cabe resaltar que en los países en desarrollo, los productores de las comunidades rurales son los

principales actores cuya supervivencia depende directamente del aprovechamiento de los ecosistemas y sus recursos (Castillo, 2002).

4.1.Marco Metodológico

En este contexto, el marco metodológico que guió la presente investigación se basa en el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Este modelo es una herramienta analítica e integradora que clasifica la información sobre el estado de los recursos naturales a la luz de sus interrelaciones con las actividades sociodemográficas y económicas (García-Gastelum *et al.*, 2005). Según la OCDE (1993) el marco de referencia PER (Figura 3) está basado en un concepto de la causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el medioambiente, modificando la calidad y cantidad de los recursos naturales (estado). La sociedad entonces responde a estos cambios con políticas medioambientales, económicas y sectoriales (la respuesta social) (Chirino *et al.*, 2008).

El modelo PER fue desarrollado originalmente por la OCDE (1993), concretamente por el SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment) y es compartido por EUROSTAT (Statistical Office of the European Communities, oficina europea de estadística). Los elementos que integran este modelo son (Figura 3):

- a) Indicadores de presión. Tratan de responder a las preguntas sobre las causas del problema. Reflejan la actual situación y se expresan en términos absolutos.
- b) Indicadores del estado. Responden al estado del ambiente, incluyen mediciones de calidad de los objetivos, cambios y concentraciones de vectores.

c) Indicadores de respuesta. Tratan de responder a lo que se está produciendo y a los propios compromisos internacionales. Sus características son la linealidad y la causalidad (González-Laxe, 2007).

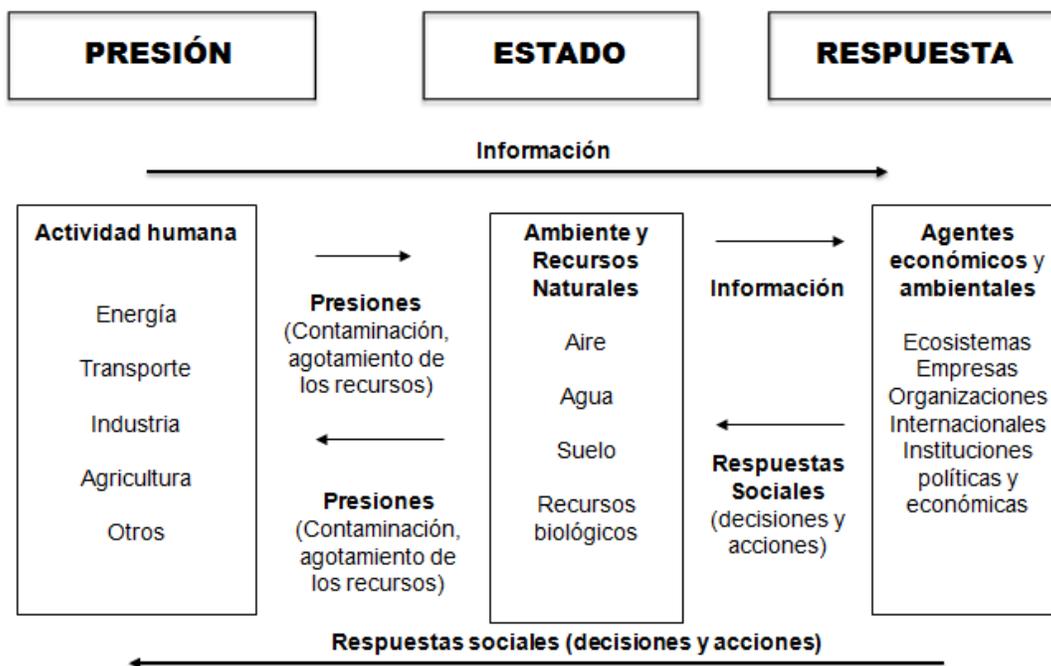


Figura 3. Modelo Presión-Estado-Respuesta (OCDE, 1993)

5. Justificación

La mayoría de la literatura de manejo asume que el entendimiento científico acerca de los ecosistemas se refiere sólo a las ciencias naturales. Sin embargo, los principios del manejo de ecosistemas reconocen que las personas juegan un rol importante. Los objetivos del análisis de las ciencias sociales (Presión) deben ser incluidos en la misma base con la investigación de la ciencia ecológica, con datos que involucren a los usuarios (Endter-Wada *et al.*, 1998). En particular, en el

valle de Maneadero, no se ha logrado poner en marcha el proyecto del aprovechamiento de las aguas residuales tratadas de la ciudad de Ensenada para riego agrícola, principalmente, porque no se ha logrado un diálogo de confianza entre las autoridades correspondientes y los usuarios principales. Sólo un porcentaje menor se aprovecha para el riego de jardines y camellones por el municipio (Ramírez-Acosta y Mendoza-Espinosa, 2005).

Aunque en los diferentes foros, conferencias y tribunas, a nivel global y local, se tenga como meta lograr el manejo integral del recurso hídrico, solo podrá ser una realidad cuando se involucre de forma activa a los usuarios principales y se les comunique el riesgo que presenta el estado del acuífero a la luz de los estudios técnicos, para la estabilidad económica y el bienestar social.

5.1. Escala Federal

El IV Foro Mundial del Agua celebrado en la Ciudad de México, Distrito Federal, en 2006, abrió una nueva oportunidad para que la comunidad internacional conociera mejor las manifestaciones particulares de la problemática de la gestión hídrica en México, reflejando la riqueza de los conocimientos adquiridos durante los procesos para detener el desgaste de sus ecosistemas y la merma en la calidad del agua (Barkin, 2006).

En este sentido, el presidente Felipe Calderón Hinojosa, planteó en el discurso oficial que, “para resolver los problemas inherentes al agua es 'urgente' integrar entre todos, una agenda que coloque a éste tema como un asunto prioritario en la agenda pública, incluso de seguridad nacional”. Entre otros elementos estratégicos destacó que “hacia el 2030, los mexicanos vemos a México como (...) un país con un desarrollo –sustentable- en el que existe una cultura de respeto y conservación del medio ambiente...” (CONAGUA, 2010). En ese marco, la Agenda 2030 del Agua, ha planteado

cuatro grandes objetivos: ríos limpios, cuencas en equilibrio, cobertura universal y asentamientos seguros, a través de los cuales se busca heredar a las futuras generaciones un México con sustentabilidad hídrica.

Así que desde el discurso oficial, se exhorta a promover un cambio de paradigma en el manejo de los recursos hídricos, teniendo como fundamento y en respuesta a la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, que se adoptó en la Conferencia de las Naciones Unidas del 16 de junio de 1972. Este reto se presenta en un contexto de crecimiento demográfico en el país y de cambio climático global que requiere reforzar los criterios de conservación y aprovechamiento sustentable del agua, aire y suelo, que permitan incrementar la cobertura de atención a la población sin que se continúe el deterioro ambiental y el abuso del acervo ecológico de la Nación. En el tema del agua se tiene como objetivo alcanzar un manejo integral y sustentable, mediante el fortalecimiento de la autosuficiencia técnica y financiera de los organismos operadores de agua y la promoción del manejo integral desde una perspectiva de cuencas (SEGOB, 2009)

5.2. Escala Regional

En la escala regional la participación social es poca ya que la difusión de los foros es dispersa y se hace principalmente en los medios masivos (periódicos locales). Las propuestas (desaladoras, presas) que surgen en los foros carecen de congruencia, considerando que la prioridad es el aprovechamiento de agua tratada y que uno de los ejes transversales de la agenda 2030 son cuencas en equilibrio (CONAGUA, 2011). Falta promover la participación social informada, integrar toda la información técnica y social de forma holística, con el objeto de lograr congruencia entre el discurso oficial y la gestión regional.

5.3. Escala Local

En el foro local que se celebró en Ensenada en el año 2010 y que fue organizado por la red de asociaciones llamada “Haciendo lo Necesario”, académicos de la UABC y CICESE divulgaron las condiciones que, a la luz de las investigaciones científicas, han observado al respecto del manejo del agua en la Ciudad. Así, La comunidad en general que se dio cita, con el respaldado de los académicos, identificaron los problemas que enfrenta el manejo del recurso. Éstos se enuncian en la Tabla 3. De los 20 problemas identificados en el foro ciudadano, se categorizaron según el tipo de problemática; 10 son problemas de tipo social y otros 10 de tipo económico (algunos problemas tienen características en los dos ámbitos–socioeconómico-), mientras que seis son de tipo ecológico. Cabe señalar que en la problemática de tipo ecológico también se incluyó las deficiencias en el monitoreo del capital natural.

Tabla 3. Problemas Identificados en un Foro Ciudadano, Haciendo lo Necesario, 2010.

Social	Económico	Ecológico
Las políticas y herramientas administrativas para uso rural y urbano del agua parecen no estar bien integradas.	La agricultura registrará severa escasez; sólo cultivos altamente redituables podrán pagar su alto precio.	Se desconocen los niveles freáticos de la mayor parte de los pozos.
Problemas culturales y económicos dificultan el uso de aguas tratadas en Maneadero.	Problemas culturales y económicos dificultan el uso de aguas tratadas en Maneadero.	Poca capacidad de almacenamiento y retención de agua.
Se da por sentada la existencia de un número significativo de pozos y desaladoras irregulares (clandestinos) en la zona rural	La productividad agrícola del agua es muy baja en muchos cultivos.	Se conoce cuanta agua ha sido asignada a pozos registrados en la zona rural, pero no se sabe cual es su consumo real (PAE2008, p.105).
No se miden las descargas reales de muchos acuíferos. En varios casos la descarga se iguala al volumen de agua concesionado en el Registro Público de Derechos de Agua	Explotación excesiva de arena (PAE2008, p.39)	No hay una buena infraestructura de medición y monitoreo de aguas subterráneas y superficiales, calidad del agua y clima. Algunas consecuencias: (a) capacidad disminuida de diagnóstico,

(PAE2008, p.81, 82 y 86). Los pozos clandestinos no reportan (obvio)		prospección e investigación, (b) cifras poco confiables, (c) planificación errática, (d) difícil optimizar uso y manejo de agua de riego, y abatir pérdidas por conducción.
Se recicla muy poca agua (PEH2008, p.73)	Urbanización encima de los acuíferos	No parece haber un seguimiento temporal sobre el uso y disponibilidad de los recursos hidrológicos.
Pérdida de captación de agua por deterioro de la cubierta vegetal debido a incendios provocados.	La demanda de agua aumenta diariamente debido al rápido crecimiento poblacional y al crecimiento del sector agrícola (Román)	Pérdida de captación de agua por deterioro de la cubierta vegetal debido a incendios provocados.
Por fugas y tomas clandestinas se pierde alrededor del 20% del agua en las líneas de conducción (PEH2008, p. 65)	La demanda de agua para uso agrícola está a su máximo posible	
Urbanización encima de acuíferos	En el acuífero de Maneadero los derechos concedidos exceden su capacidad de recarga natural en 77%.	
Deficiente cultura del agua (PEH2008, p.7)	Se conoce cuanta agua ha sido asignada a pozos registrados en la zona rural, pero no se sabe cual es su consumo real (PAE2008, p.105).	
La demanda de agua aumenta diariamente debido al rápido crecimiento poblacional y al crecimiento del sector agrícola.	Se da por sentada la existencia de un número significativo de pozos y desaladoras irregulares en la zona rural	

Fuente:<http://futurocostaensenada.wordpress.com/2010/02/19/foro-manejo-del-agua-retos-y-oportunidades/>

La conclusión del foro fue que los vértices Económico y Social (presión socioeconómica) no deberían ser los que guían el aprovechamiento del recurso, sino la disponibilidad de agua, ya que es el límite natural, casi infranqueable, de cualquier política demográfica y económica en Baja California (Red Calidad de Vida, 2010). Sin embargo, según la lista de asistencia (Red Calidad de Vida, 2010), no hubo representación del sector agrícola, que es el usuario principal del agua en el valle de Maneadero.

La Tribuna del Agua de Ensenada que se llevó a cabo en Ensenada el 15 de abril de 2011, fue un esfuerzo conjunto del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la UABC, la CESPE y el Grupo Madrugadores de Ensenada A.C. en seguimiento a las regulaciones y recomendaciones de

la “Carta de Zaragoza”. Los académicos que participaron con ponencias en la Tribuna del Agua, así como otros especialistas en el tema, entregaron a las autoridades, de los tres órdenes de gobierno, una relatoría de sus conclusiones. Dicha relatoría se escribió considerando el orden de importancia de las propuestas y se entregó a la CESPE y al Municipio de Ensanada, para que en un año se evalúe lo que han hecho y acordar qué sigue. En este evento tampoco se contó con representatividad de los usuarios agrícolas del agua, pues solo se presentó un representante del sector agrícola.

Con la realización de la presente tesis, se pretende propiciar la generación de una herramienta que contribuya a mejorar la comunicación sobre el estado del acuífero de Maneadero entre los usuarios y fomentar la participación informada.

6. Hipótesis

La caracterización del acuífero de Maneadero, Baja California, a partir de la integración sistemática de la información de las actividades antropogénicas y los estudios técnicos, servirá como base para proponer una herramienta de comunicación que promuevan la participación de los usuarios principales en el manejo integral del acuífero.

6.1. Objetivo General

Diseñar un sistema integral de información sobre el acuífero de Maneadero con miras a ser una herramienta de comunicación entre usuarios, academia y gobierno.

6.2. Objetivos Específicos

- Describir la presión socioeconómica que se ejerce sobre el acuífero de Maneadero
- Describir el estado que presenta el acuífero de Maneadero a partir de la información técnica recabada.
- Integrar un Sistema de Información Geográfico del acuífero de Maneadero.

7. Metodología

Como primer paso, se ubicó un contexto espacial, que es una matriz paisajística que circunda el área de estudio, en el caso del acuífero de Maneadero. El Diario Oficial de la Federación en su edición del 31 de enero de 2003, determinó los límites oficiales del acuífero (CONAGUA, 2002). Esta delimitación representa el contexto, mientras que el área de estudio o foco quedará definido como el área donde ocurren las mayores extracciones de agua subterránea para uso agrícola y urbano y se definió de la siguiente manera.

7.1. Área de Estudio

El área de estudio se definió a partir de los pozos que la CONAGUA reporta en el Censo de Pozos de Maneadero 2010. Como primera actividad se gestionó la obtención del censo, entonces se seleccionó sólo los aprovechamientos que se ubican en el Valle de Maneadero, ya que mediante un análisis exploratorio, se determinó que veinte de los aprovechamientos que se reportaron, están ubicados en ejidos contiguos como Ejido Real del Castillo, Ojos Negros, entre otros. Posteriormente se trazó un *buffer* de 1750 m a la redonda de este grupo de aprovechamientos y se caracterizó a partir de los atributos naturales que presenta la zona.

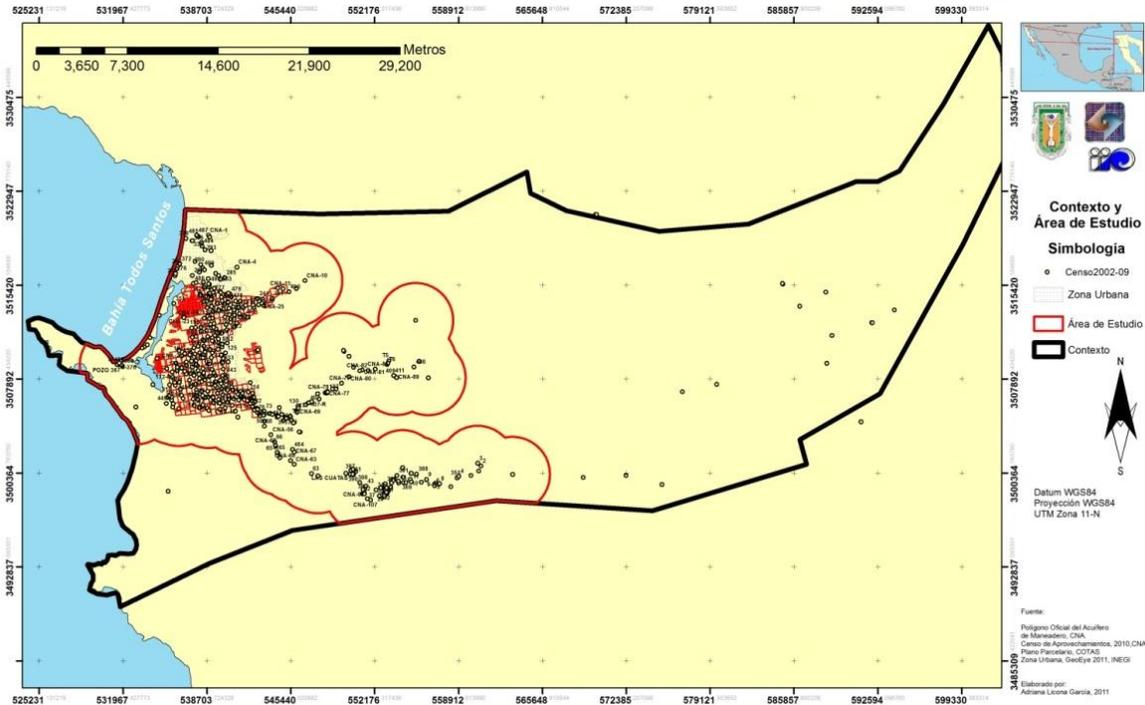


Figura 4. Contexto y área de estudio. La delimitación oficial del acuífero en negro y el área de estudio, que se determinó mediante un buffer de 1750m a la redonda de los pozos ubicados en la parte baja de la cuenca, en color rojo. Elaboración propia, a partir de información de CONAGUA, 2010

7.2. Descripción del área de estudio

El acuífero de Manadero es alimentado por la cuenca del Valle de Manadero que se localiza en la porción noroccidental del Estado de Baja California, entre las coordenadas geográficas de 31° 30' a 31° 50' de latitud norte y 116° 05' a 116° 15' de longitud oeste. Se encuentra integrada a la Región Hidrológica No. 1 de la vertiente del Océano Pacífico; cubre una superficie de 1,866 km² (Figura 5) y por su dimensión se clasifica como intermedia-grande (500 a 2,500 km²), donde se presentan diversos climas sujetos al relieve topográfico (CONAGUA, 2002).



Figura 5. Cuenca del Valle de Maneadero 0212. La Cuenca del Valle de Maneadero limita al Norte con las cuencas de Ensenada, Ojos Negros y Real del Castillo; al Sur con Santo Tomás; al Este con las cuencas de Laguna Salada y San Vicente y al Oeste con el Océano Pacífico. (CONAGUA,2002)

En cuanto a la situación administrativa del acuífero, este se encuentra en veda, como todos los del Estado de Baja California, (lo que limita la perforación de pozos y la extracción) por el decreto publicado en el DOF el 15 de mayo de 1965 (CONAGUA, 2002). De acuerdo con Alvarez Jr. (1956, citado en CONAGUA, 2002), el área de estudio se ubica en la subprovincia fisiográfica determinada como Sierra de Juárez-San Pedro Mártir, que corresponde a la Provincia Regional conocida como Sierra Cristalina de Baja California. Por los rasgos fisiográficos de la Cuenca Hidrográfica del Valle de Maneadero, se observan dos expresiones morfológicas bien definidas: la primera constituida por elevaciones topográficas correspondientes en las inmediaciones occidentales de la Sierra de Juárez; la segunda es una pared escarpada localizada al sur del sitio de estudio, que constituye un cierre hidrográfico. Las laderas están formadas por rocas volcánicas extrusivas e intrusivas y metamórficas; en tanto que la pared sur está constituida por rocas sedimentarias de origen marino. Tanto las inmediaciones occidentales de la Sierra de Juárez, como el frente abrupto del sur, son el resultado de intensos movimientos tectónicos producto de la acción de fallas transversales peninsulares con dirección predominante NW - SE, entre las que destacan la

Falla de Agua Blanca y Tres Hermanos. En términos generales, el acuífero costero del Valle de Maneadero está formado por depósitos granulares sedimentarios, predominantemente aluviales y fluviales.

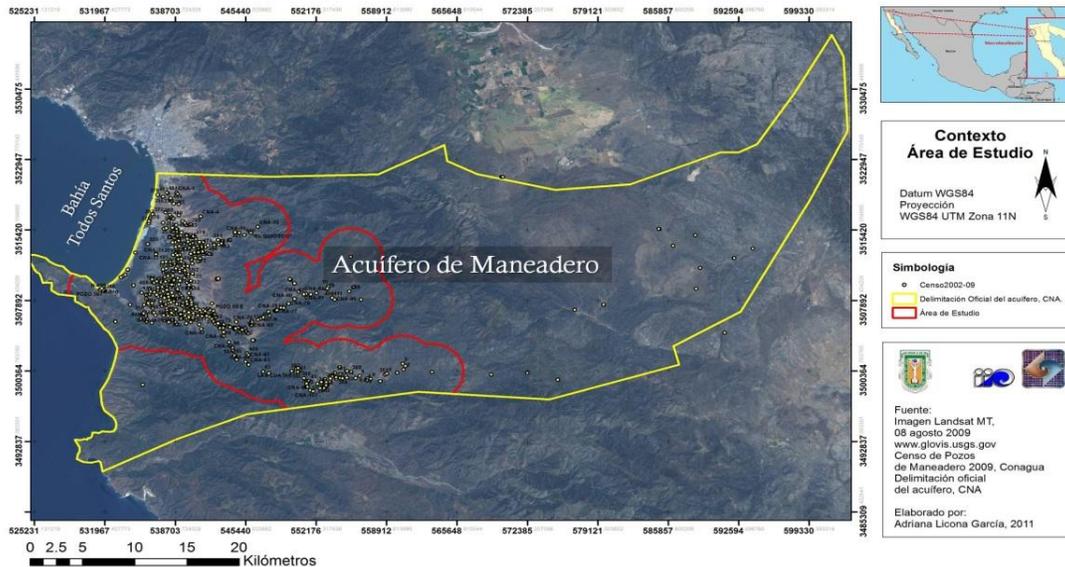


Figura 6. Contexto y área de estudio sobre la imagen satelital LandSat, 2009. Elaboración propia

7.3. Estrategia Metodológica

Para lograr una caracterización integral, es necesario que el estudio se aborde con un enfoque interdisciplinario, donde se incluya la descripción de la presión socioeconómica que se ejerce sobre el sistema y el estado del capital natural, que serán descritos a partir de los monitoreos de la calidad del agua, estudios piezométricos y geológicos. En este esquema metodológico (Figura 7) se propone como estrategia; integrar la información a un modelo geográfico que permita la visualización de la información relacionada con el acuífero de Maneadero.

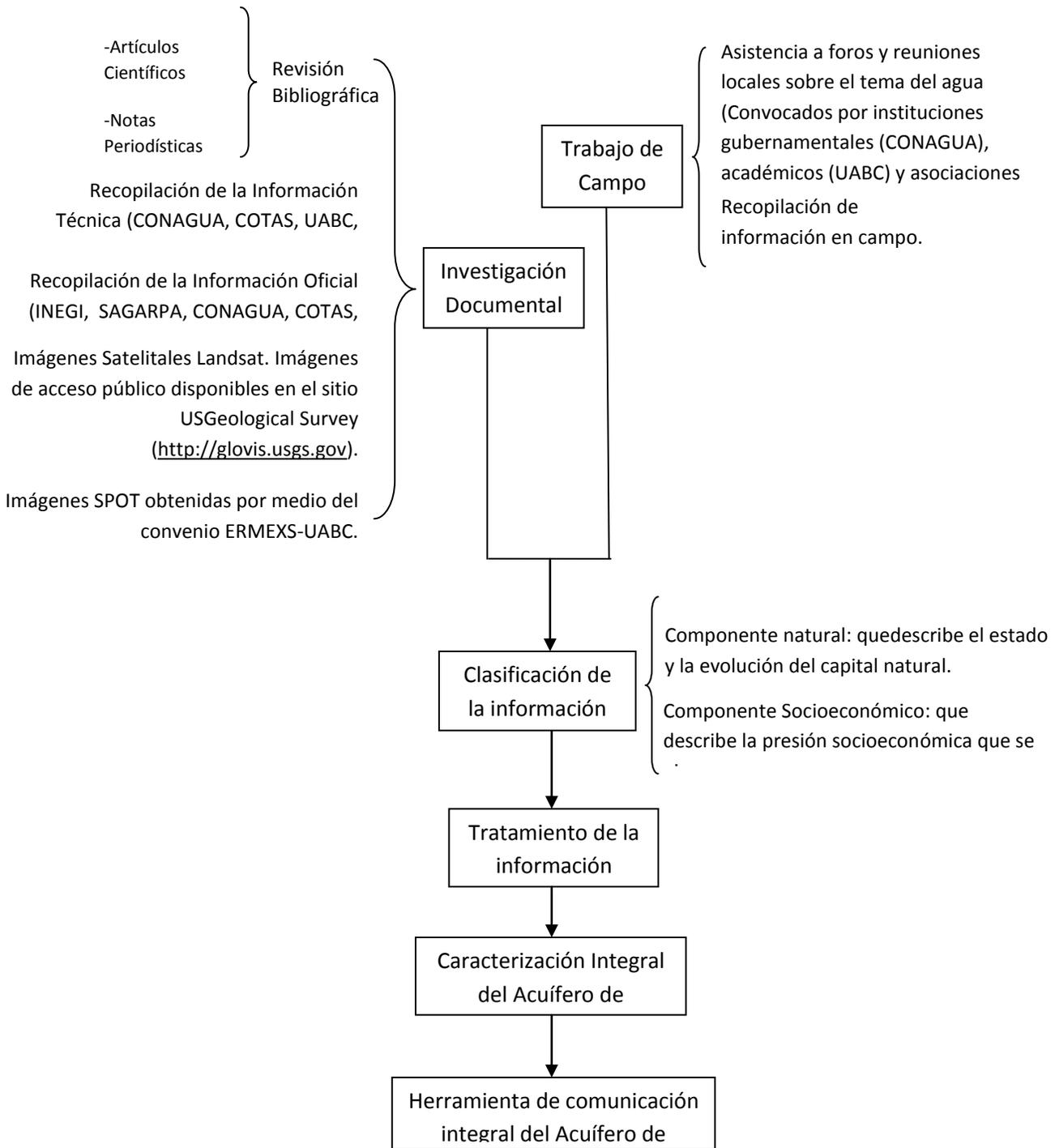


Figura 7. Esquema Metodológico. Elaboración Propia

Como se señala en la Figura 7, como primer paso se realizó la investigación documental seguida cercanamente del trabajo de campo. Posteriormente se iniciaron los trabajos de digitalización de la información espacial; como parte de este proceso se homogenizó el sistema de coordenadas de los datos. Luego se clasificó la información que describe el componente socioeconómico (presión) y el componente natural (estado) y se diseñó la estructura de cada capa del SIG.

7.3.1. Método para describir la Presión

El componente socioeconómico consiste en la identificación y análisis de la composición social y económica del área de estudio. En el subsistema socioeconómico el objetivo es la identificación de las presiones sobre el medio ambiente de los sectores y procesos económicos y sociales presentes en la región (Bautista-Zuñiga, 2011).

En la investigación documental, se rescató el número total de obras de extracción reportadas para el período 1937-2009 (SRH, 1974) (Bertrán-Gómez, 1991). También se gestionó la obtención de los datos espaciales de las obras de extracción; el censo de obras 2002 realizado por la CONAGUA se consiguió en la gerencia del Comité Técnico de Agua Subterránea de Maneadero A.C. (COTAS). La base de datos del censo de aprovechamientos del Valle de Maneadero 2010 se obtuvo de forma extraoficial. Esta información se compartió con la gerencia de COTAS y esto permitió que la comunicación fluyera con mayor facilidad.

Se hizo un análisis del tipo de información que contenía cada censo y la calidad de la misma. En la Tabla 4 se enlistan los campos del censo de aprovechamientos 2002 y en la Tabla 5 y Tabla 6, los campos correspondientes al censo 2010. No se cuenta con todos los datos de los registros para

todos los pozos, así que en la tercera columna se indica el porcentaje que representa el número de registros reportado con respecto al total de obras reportadas en el mismo.

Tabla 4. Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea del Acuífero de Maneadero (CONAGUA, 2002)

Censo 2002	No de Aprovechamientos Reportados	% que representan
No Obras Reportadas	489	100%
Número Progresivo	489	100%
Num de obra	476	97%
Usuario	430	88%
Ubicación	429	88%
Tipo de Obra	489	100%
Profundidad Total (m)	171	35%
Activo / Inactivo	489	100%
Diámetro del Ademe (m)	399	82%
Diámetro de Descarga (m)	331	68%
Uso	322	66%
Superficie de Riego (Ha)	164	34%
Latitud Norte (Y) grados decimales	488	100%
Longitud Oeste (X) grados decimales	488	100%
Altura del Brocal (m)	362	74%
Tipo de Cultivo	211	43%
Sistema de Riego	146	30%
Observaciones	442	90%

Tabla 5. Primera parte de los campos que conforman el Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea 2010, CONAGUA

Censo 2010	No de Aprovechamientos Reportados	Fración que representan	Censo 2010	No de Aprovechamientos Reportados	Fración que representan
No Obras Reportadas	535	100%	Latitud Norte (grados) Original	383	72%
Fecha de Recolección de la Información	535	100%	Latitud Norte (minutos) Original	383	72%
Folio del aprovechamiento	535	100%	Latitud Norte (segundos) Original	383	72%
Apellido Paterno del Encuestado	332	62%	Longitud (grados) Original	383	72%
Apellido Materno del Encuestado	313	59%	Longitud (minutos) Original	382	71%
Nombre del Encuestado	328	61%	Longitud (segundos) Original	381	71%
Relación con el Titular	139	26%	Localidad del aprovechamiento	413	77%
Identificación Oficial	199	37%	Latitud Norte (grados) Título	218	41%
Titular	381	71%	Latitud Norte (minutos) Título	218	41%
Calle	271	51%	Latitud Norte (segundos) Título	213	40%
Número	92	17%	Longitud (grados) Título	218	41%
Colonia	238	44%	Longitud (minutos) Título	218	41%
Código Postal	188	35%	Longitud (segundos) Título	213	40%
Municipio	535	100%	Latitud Norte (grados) campo	535	100%
Teléfono	185	35%	Latitud Norte (minutos) campo	535	100%
Identificación	128	24%	Latitud Norte (segundos) campo	535	100%
Apellido Paterno del Representante	235	44%	Longitud (grados) campo	535	100%
Apellido Materno del Representante	226	42%	Longitud (minutos) campo	535	100%
Nombre del Representante	233	44%	Longitud (segundos) campo	535	100%
Operador	155	29%	Agrícola	535	100%
Denominación del Aprovechamiento	190	36%	Doméstico	535	100%
No de Título	272	51%	Servicios	535	100%
No de Anexo	275	51%	Pecuario	535	100%
No de Trámite	106	20%	Industrial	535	100%
Volúmen de extracción (m3/año)	214	40%	Público Urbano	535	100%
Tipo de Aprovechamiento	535	100%	Múltiple	535	100%
Situación del aprovechamiento	442	83%	Sistema de Riego	476	89%

Tabla 6. Segunda parte de los campos que conforman el Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea 2010, CONAGUA.

Censo 2010	No de Aprovechamientos Reportados	Fracción que representan
Tipo de Cultivo	444	83%
Superficie Regada (ha)	425	79%
Subciclos agrícolas	436	81%
Equipado	535	100%
En Operación	535	100%
Viable para el aprovechamiento	535	100%
Profundidad del Pozo	237	44%
Medir la profundidad del agua	535	100%
Diámetro del Ademe (pulg)	442	83%
Diámetro de Descarga (pulg)	362	68%
Cuenta con medidor	535	100%
Marca del medidor	237	44%
No de serie del medidor	187	35%
Lectura del medidor	231	43%
Número de medidor eléctrico	535	100%
Registro Permanente de Usuario RPU	169	32%
Tipo de Bomba	344	64%
Tipo de Motor	356	67%
Potencia del Motor	355	66%
Marca del motor	351	66%
Régimen de operación (hrs/día)	378	71%
Régimen de operación (días/año)	215	40%
Gasto (lps)	98	18%
Gasto (m ³ /s)	13	2%
FotosArc	N/A	
Observaciones Generales	347	65%

El siguiente paso fue seleccionar la información más relevante para la descripción de cada pozo. Dada la inconsistencia entre las coordenadas geográficas del 2002 y 2010, se homologó la ubicación espacial de cada uno de los aprovechamientos, misma que fue verificada en campo con un equipo eTrex H de la marca Garmin, con error de ± 5 metros.

También se digitalizó el mapa del trazo parcelario proporcionado por COTAS y publicado por el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada B. C. (IMIP, 2009-2011). Además se digitalizó de la imagen 2011 GeoEye (GoogleEarth), las carreteras principales y la zona urbana de Chapultepec y Maneadero. En campo, se ubicó un punto en el espacio que representa la localización del tanque de redistribución de agua residual tratada de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) que fue construido durante el 2008-2009 y cuenta con una capacidad de almacenamiento de 2000 m³ de agua residual tratada para ser aprovechada en riego agrícola. El tanque está conectado mediante una tubería a la planta de tratamiento de El Naranjo.

7.3.2. Componente Económico

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Distrito de desarrollo Rural 001 proporcionó la información de la producción agrícola del período 1993-2008 de la Promotoría de Maneadero. Esta promotoría abarca hasta el valle de Santo Tomás, que es un valle agrícola al sur del valle de Maneadero, misma que no cuenta con datos espaciales, por lo que no pudo ser incorporada como una capa del sistema de información geográfico.

7.3.3. Componente Social

Se realizó una entrevista semiestructurada a un actor clave, que funje como líder de su comunidad, ha ejercido puestos políticos y mantiene una participación activa en foros ciudadanos, juntas convocadas por la CONAGUA y en reuniones locales. El objetivo principal de la entrevista fue

contar con información suficiente para lograr un diseño de muestreo que permita indagar acerca de la percepción de los usuarios sobre el problema de sobreexplotación del acuífero de Maneadero, además de conocer su opinión respecto al problema de sobreexplotación que presenta el acuífero. Después de realizar la entrevista al actor clave, y con el listado de 215 ejidatarios registrados en COTAS como el universo de muestreo, se propuso un muestreo estratificado aleatorio. Los estratos se definieron tomando como variable de caracterización la ubicación de la parcela, por ser la variable que determina la calidad del agua en cada pozo. En la Figura 8 se señalan los cuatro estratos definidos; Costa, Arroyo Las Ánimas, Arroyo San Carlos y el tanque de redistribución de agua residual tratada de la CESPE.

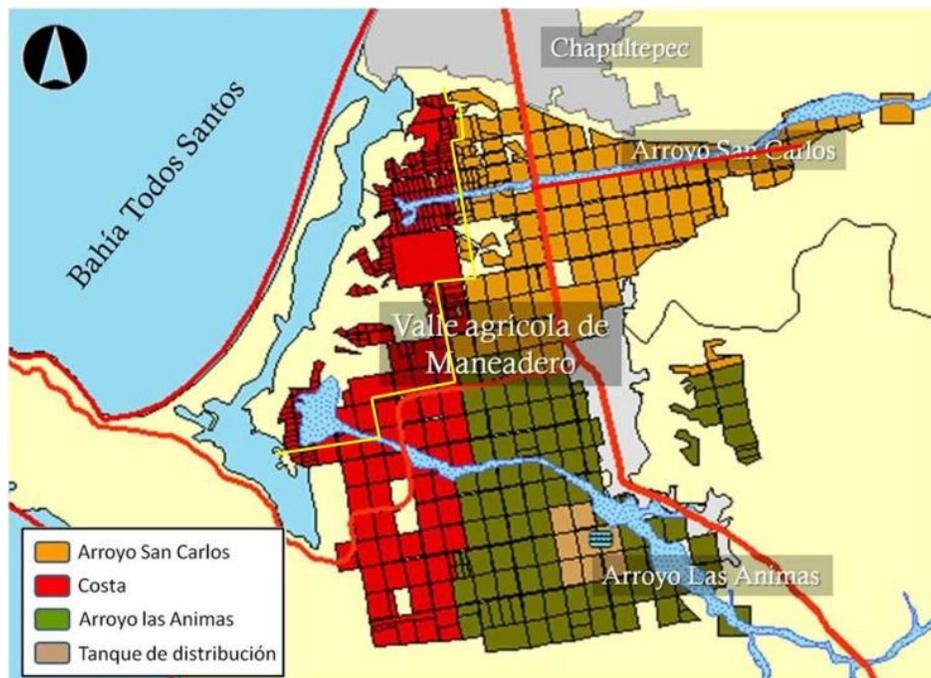


Figura 8. Los estratos espaciales para la aplicación de la encuesta: Costa (color rojo), Arroyo Las Ánimas (color verde), Arroyo San Carlos (color naranja) y Tanque de Distribución (color café). Elaboración propia

A continuación se describen algunas consideraciones para cada estrato:

COSTA.

El plano parcelario que proporcionó el COTAS determina la existencia de parcelas muy cerca de la costa, en la zona conocida como El Salitral. Sin embargo, en las visitas de campo se observó que estas parcelas están abandonadas y no tienen trabajo agrícola aparente. Mediante un análisis de la imagen 2011 GeoEye (INEGI, Google 2011) se dividió con una línea amarilla las parcelas sin actividad agrícola aparente de las parcelas que se verificó que estaban activas.

ARROYO LAS ÁNIMAS

Algunas de las parcela invaden la zona federal del Arroyo Las Ánimas, aunque en el análisis de la imagen 2011 GeoEye (INEGI, Google 2011) se distingue perfectamente el cauce.

ARROYO SAN CARLOS

Este arroyo también presenta un traslape entre la división parcelaria y la zona federal del arroyo. Por la orilla de su cauce pasa un camino pavimentado que se conecta con la Carretera Transpeninsular. Además, de este arroyo se extrae arena que se usa como material de construcción. Algunas de las parcelas de este estrato, las que están cerca del estrato –costa-, también fueron identificadas como sin actividad agrícola aparente.

TANQUE DE REDISTRIBUCIÓN

Este último estrato se definió por considerar que su proximidad, puede influir en el imaginario colectivo del aprovechamiento de agua tratada para riego agrícola.

Posteriormente se diseñó un instrumento tipo encuesta con preguntas abiertas, el cual se piloteó en una muestra de 18 encuestados, lo que permitió diseñar una encuesta cerrada compuesta por cinco apartados:

- identificación del entrevistado
- identificación de la parcela
- uso del agua
- información asociada a conceptos de clasificación del agua, e
- interés sobre el tema del agua.

Los apartados de identificación del encuestado y de la parcela nos permitieron definir las características generales de la población de ejidatarios, mientras que el apartado de uso de agua arrojó información sobre la relación usuario-agua. El apartado de información asociada a conceptos de la clasificación del agua sirvió para indagar sobre los saberes colectivos acerca del recurso hídrico y su calidad. El último apartado, que se compone de dos preguntas, indaga sobre el interés en la información y es la pauta para iniciar una segunda parte del proyecto donde se informe y se promueva la participación de los usuarios en la gestión hídrica.

La encuesta se aplicó a una muestra estratificada aleatoria del 10% de la población conocida. El Anexo I contiene el instrumento tipo encuesta que se piloteó (encuesta piloto) y la encuesta que se aplicó. Se aplicaron 18 instrumentos tipo encuesta y 21 encuestas.

7.3.4. Método para determinar el Estado del Capital Natural

Esta investigación es de naturaleza integradora, así que para caracterizar el estado del acuífero se realizó una revisión documental. Se incluyó la información del reporte técnico de la Reactivación y Actualización de la Red de Monitoreo Piezométrica del Acuífero de Maneadero, Municipio de Ensenada a cargo del Ing. Carlos Manuel López Fernández (COTAS, 2009) y se integró una base

de datos de los monitoreos anuales de la calidad del agua subterránea (concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT) a cargo de la CONAGUA (1974-1997) y de la UABC (2001-2011), así como algunos de los productos del proyecto académico “Evolución y Respuesta Hidrogeológica del Acuífero de Maneadero B.C. ante la perspectiva de su sobreexplotación y Recarga Artificial, IIO, UABC”. Hay que destacar que este trabajo forma parte del mismo proyecto académico.

7.3.5. Método para integrar la información en un SIG

Toda la información espacial de diversas fuentes se procesó a formato *shape* (*.shp), que es el formato convencional del programa ArcMap; las superficies de interpolación se reportan en formato *raster* (*.rst) y los hipervínculos en formato *JPEG* (*.jpg). La ubicación espacial está referida al Datum WGS84 y proyectada en el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM).

Una vez que toda la información espacial contaba con el mismo formato de coordenadas (UTM Zona 11-N, Datum WGS-84), se diseñó el despliegue de las capas por contenido. El método para el procesamiento de cada uno de los productos que integran el SIG se enlistan en el Anexo II.

8. Resultados

8.1. Presión

El principal centro de población del Valle de Maneadero, es la localidad Rodolfo Sánchez Taboada que contaba con una población de 15,814 personas en el año 2005 (Censo 2005, INEGI) mientras que para el año 2010 se contabilizaron 22,957 personas (Censo 2010, INEGI). La economía de la zona está basada en la agricultura, siendo el turismo la segunda actividad. El desarrollo agrícola se

debe a la explotación de grandes volúmenes de agua subterránea. Además, el acuífero de Maneadero representa una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Ensenada (Medellín-Azuara *et al.*, 2009).

En el Figura 9 se observa el aumento de obras de extracción a través del tiempo. Sin embargo, el número de obras activas que se reportan no aumentan en la misma proporción de las obras totales. Desde el descenso de obras activas en 1980, la relación del número de obras totales con respecto a las activas refleja una separación más amplia, lo que implica que aunque se perforan nuevas obras, cada vez son más los aprovechamientos que presentan alta salinidad en el agua y son abandonados.

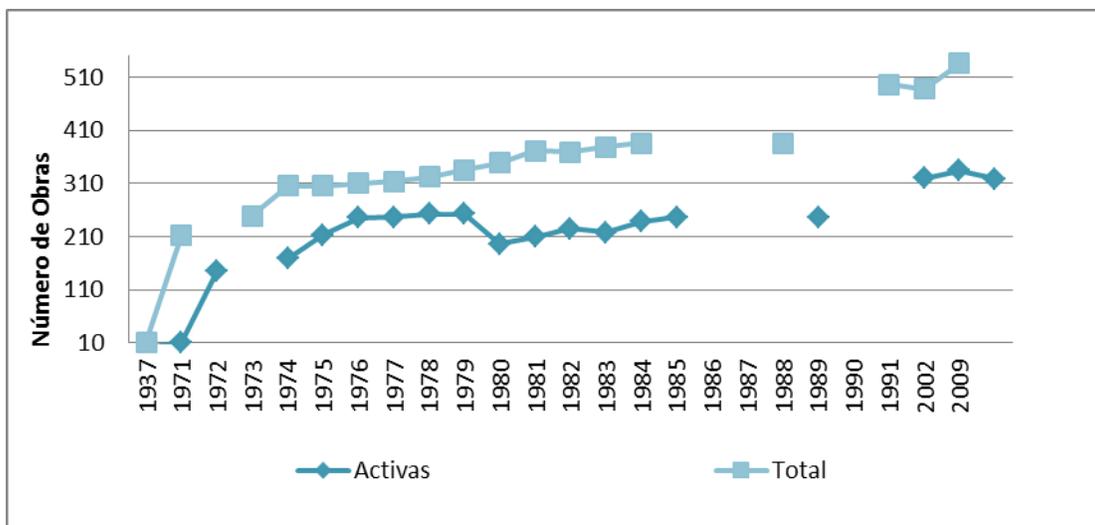


Figura 9. Aumento del Número de Obras de extracción en el periodo 1937-2009.
Fuente:(SRH, 1974) (Bertrán-Gómez, 1991) (CONAGUA, 2002, 2009)

En la Figura 10 se comparan el número de obras de extracción contabilizadas en el censo de pozos 2002 con las reportadas en el censo de pozos del 2010. Para el 2002, se reportan 488 aprovechamientos, de los cuales 334 se reportan activos, mientras que en el Censo del 2010, la CONAGUA contabiliza 535 aprovechamientos de los cuales sólo 318 están activos. Es decir,

aunque el número de aprovechamientos se incrementó en un 10%, la viabilidad para el aprovechamiento del agua subterránea se redujo en un 5%, suponiendo que la extracción sea del mismo orden de magnitud en todos los aprovechamientos. Es claro que la explotación del agua subterránea responde a presiones de corto plazo que ponen en riesgo la conservación del acuífero como reserva de agua potable.

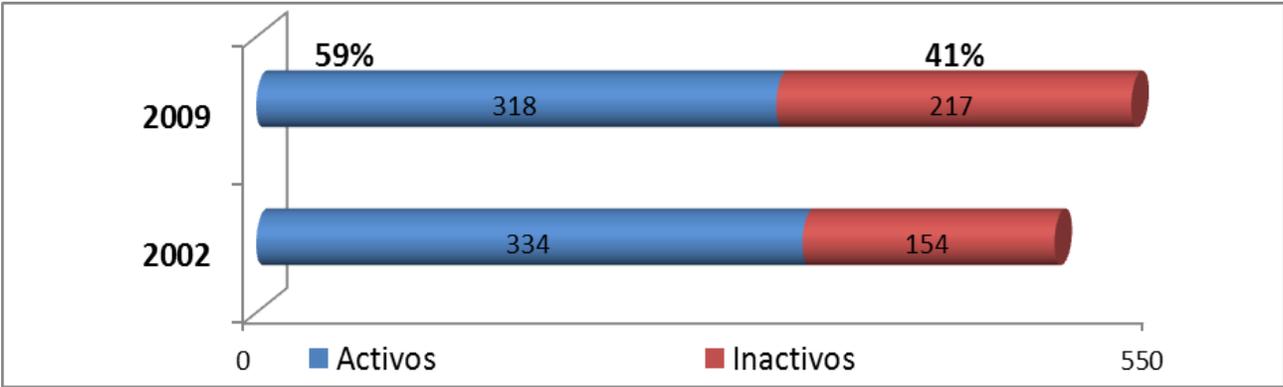


Figura 10. Aprovechamientos de Agua Subterránea que se reportan en el Censo de Pozos 2002 comparado con el Censo de Pozos 2010. (CONAGUA 2002, 2010)

A partir de la información reportada en el censo 2002 y 2010 se diseñó una base de datos espacial compuesta por los campos que se reportan en el Anexo III (Censo de Aprovechamientos 2002-2010). En la f

Figura 11 se señala el volúmen de extracción en m³, según el uso que se reporta en el censo de pozos 2010.

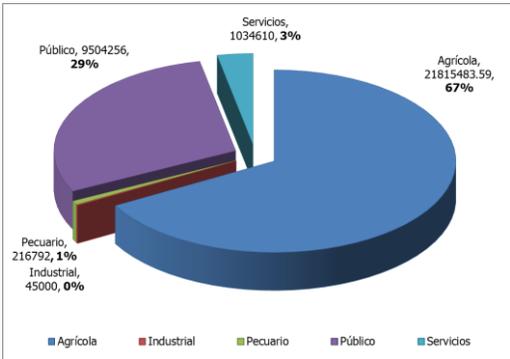


Figura 11. Volúmen de Extracción (m³) por tipo el uso en 2010 (CONAGUA, 2010).

El principal uso de agua subterránea es para las actividades agrícolas (67%), seguido del uso público-urbano aunque con un volúmen muy por debajo del uso agrícola (29%). En total se reporta una extracción anual de 33 Mm³. Se seleccionaron aquellas obras que se reportan para uso agrícola y se diseñó una segunda base de datos con esta información; los campos que integran la base de datos de uso agrícola se reportan en la Tabla 7.

Tabla 7. Campos que integran la Base de Datos de Uso Agrícola 2002-2010

Censo Agrícola
FID (Número Identificador consecutivo)
Shape (Punto)
X (Grados Decimales)
Y (Grados Decimales)
Num de Obra (Número Identificador en campo)
Titular_2009
Ubicación
Tipo de Obra (Noria/Pozo)
Activo/ Inactivo (1/0)
Tecnología de Riego (2002)
Cultivo 2002
Sistema de Riego 2009
Cultivo 2009
Superficie de cultivo (Ha)
Subciclo agrícola aprovechado

8.1.1. Componente Económico

En este apartado sólo se reporta la cantidad de ingresos de la actividad agrícola durante el período 1993-2007. En México, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) define el año agrícola como el periodo de 18 meses que resulta de la adición de las siembras y cosechas que se realizan en los ciclos agrícolas Otoño-Invierno y Primavera-Verano y de las cosechas de

productos perennes. Comprende octubre-diciembre de un año, más el siguiente completo y los meses enero-marzo del año subsecuente (Tabla 8). Al considerar la totalidad del período de producción hasta que se llevan a cabo las cosechas, los ciclos se traslapan; es decir, todavía no termina un ciclo cuando inicia el otro, lo cual se debe a la duración de los períodos vegetativos de los cultivos.

Tabla 8. Duración del año agrícola en México

Ciclo	Duración en México
Otoño-Invierno	Octubre, 0000 – Marzo, 0001
Primavera-Verano	Siembra: Abril- Septiembre, 0000 Cosecha: Junio-Marzo, 0001
Cultivos Perennes	Enero – Diciembre*

*Aquellos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año. En México la mayoría se cosechan entre los meses de enero-diciembre; razón por la que los registros administrativos se realizan considerando el mes de enero como inicio de cosecha y a diciembre como el cierre.

En Maneadero, en un año agrícola se producen los dos ciclos y el cultivos anual; primavera-verano (Figura 12), otono-invierno (Figura 14) y perennes (Figura 16). También se reportan cultivos de invernadero para los dos ciclos agrícolas (primavera-verano, otono-invierno).

El ciclo agrícola primavera-verano ha reportado ganancias monetarias en ascenso constante, sin embargo en el año 1998 registró un ingreso extraordinario de \$1,406,433,445MXN.

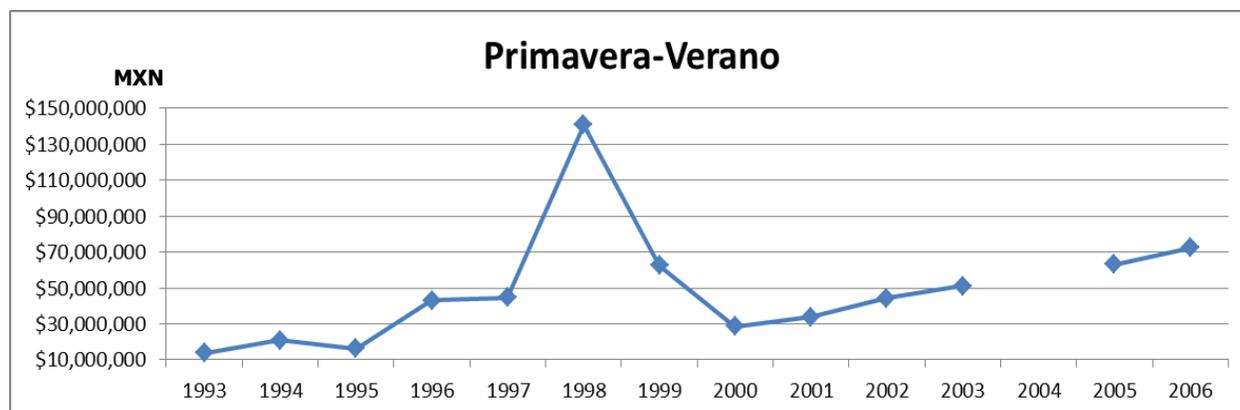


Figura 12. Ingreso por la actividad agrícola en el ciclo primavera-verano a través del tiempo. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA)

Las aportaciones más importantes fueron por el cultivo de jitomate saladette (\$11,056,682.12MXN), betabel (\$8,273,130.22MXN) y el cultivo de puerro (leek) (\$8,794,153.17MXN), (Figura 13).

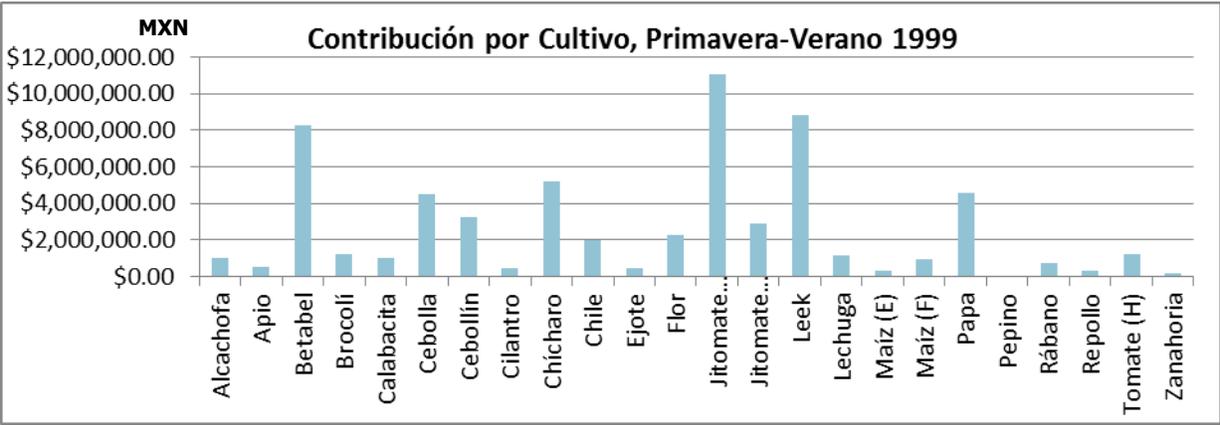


Figura 13. Contribución por cada cultivo en la ganancia extraordinaria reportada en el ciclo primavera-verano 1999 (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA)

En el ciclo agrícola Otoño-Invierno, también se observa una tendencia al aumento de las ganancias monetarias por ésta actividad. Reporta ganancias monetarias extraordinarias en el ciclo 1998-1999, aunque no tan marcada como en el ciclo Primavera-Verano, mientras que en el período 2000- 2003 tiende a disminuir discretamente.

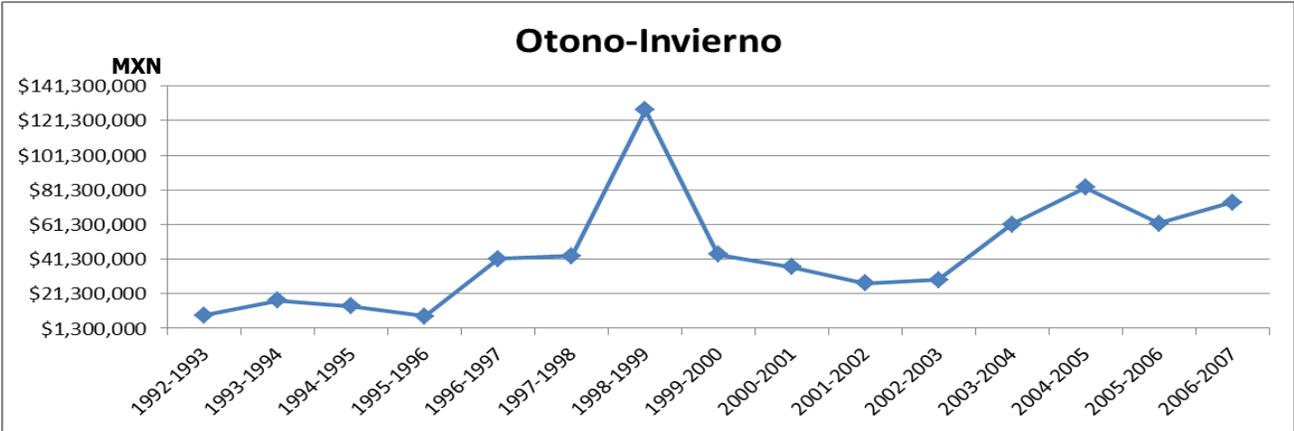


Figura 14. Ingreso por la actividad agrícola en el ciclo otoño-invierno a través del tiempo. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA)

En este caso la mayor contribución fue por el cultivo de brócoli (\$74,003,000MXN) (Figura 15).

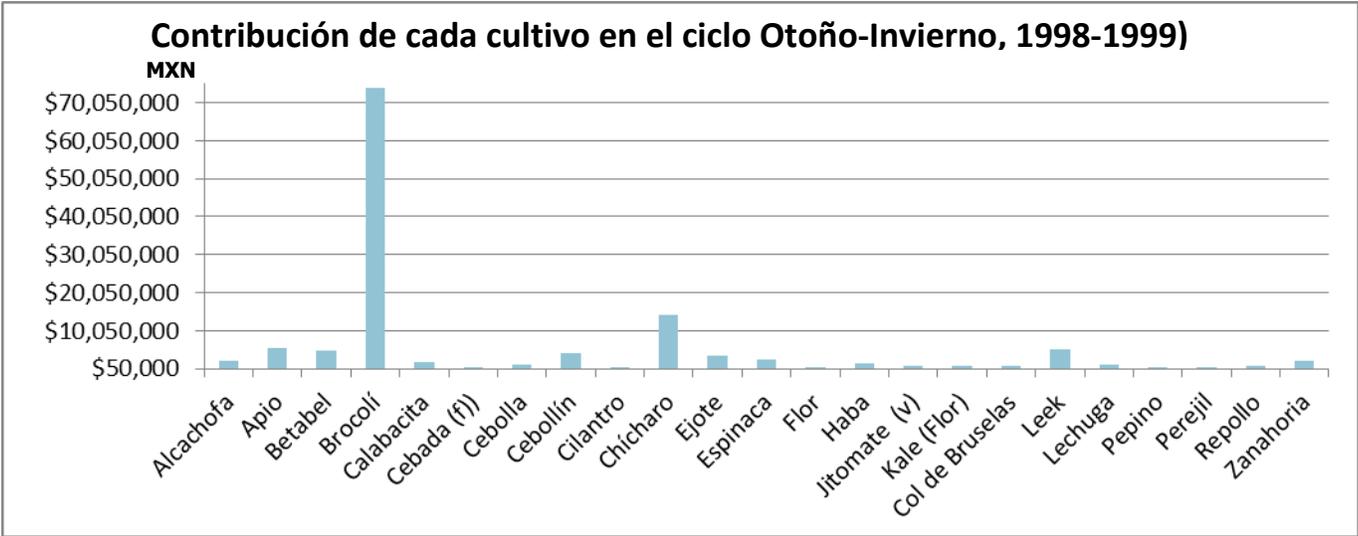


Figura 15. Ingreso extraordinario en el ciclo otoño-Invierno 1998-1999. Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA

En el caso de los cultivos perennes, han registrado un crecimiento constante. Aunque, se presentó un ingreso extraordinario en el año de 1999-2000 debido principalmente a la cosecha de uva como se señala en la Figura 17.

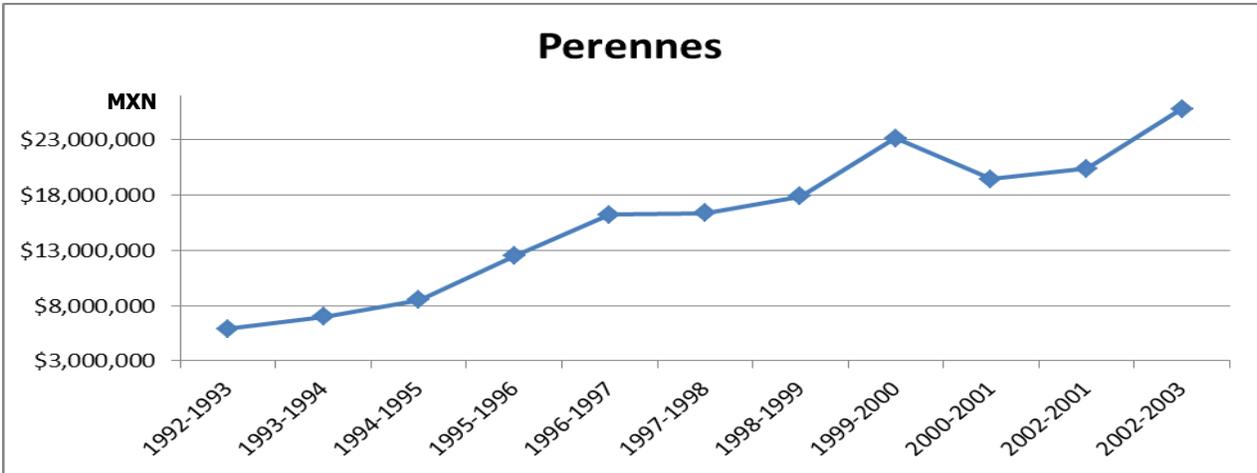


Figura 16. Ingreso por cultivo perenne a través del tiempo. Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA

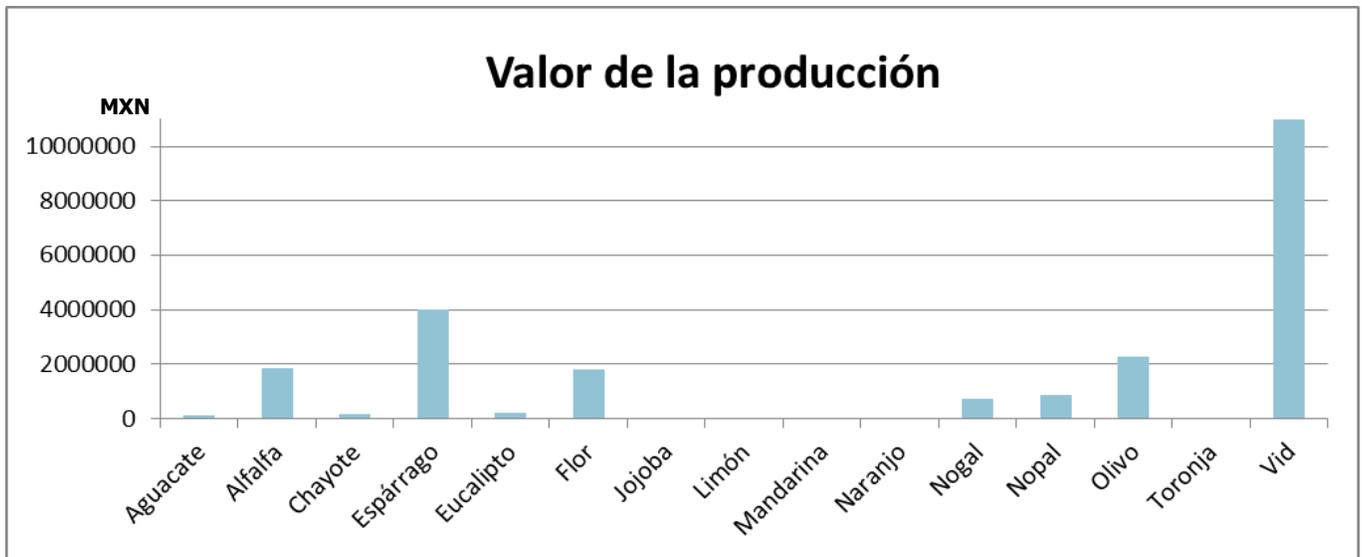


Figura 17. Contribución de cada cultivo durante el período perenne 1999-2000. (Distrito de desarrollo Rural 001, SAGARPA)

Desde 1999 se reportan cultivos de invernadero, sin embargo en los reportes que nos proporcionó SAGARPA, no se cuenta con suficiente información que muestre una tendencia a través del tiempo.

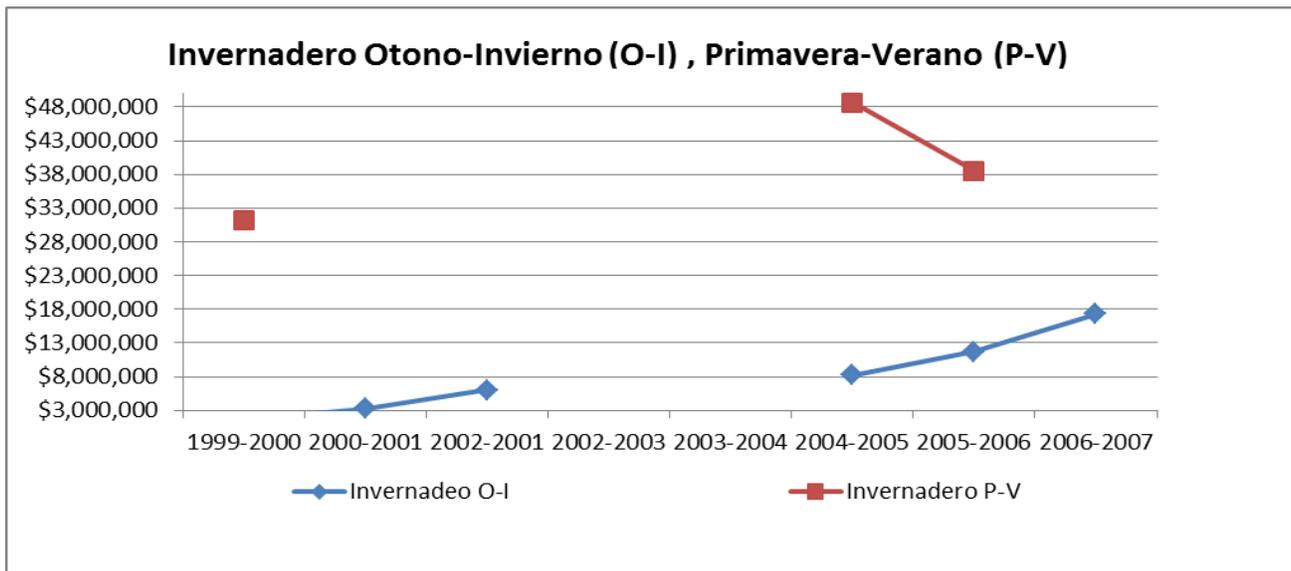


Figura 18. Ingresos por cultivos de invernadero.

8.1.2. Componente Social

Se desarrolló un primer análisis exploratorio con el que se esboza un panorama general del grado de involucramiento que tienen los agricultores como usuarios principales del recurso hídrico. El objetivo fue identificar si los agricultores perciben la sobreexplotación que manifiesta el acuífero como un problema grave.

8.1.2.1. Resultados de las Encuestas

Se encuestó a 21 usuarios principales; catorce hombres y siete mujeres, de los cuales quince son ejidatarios, tres son propietarios, un avecindado y dos arrendatarios. El rango de edad varía de 36 hasta 88 años. Dieciseis de los encuestados son oriundos de Ensenada; tres son de otras localidades del estado de Baja California, Mexicali, Tijuana y San Jacinto respectivamente, y dos más son inmigrantes nacionales de los estados de Colima y Zacatecas.

Catorce de los encuestados refirieron dedicarse a la agricultura, mientras los demás tienen actividades económicas alternas (se dedica a la venta de productos químicos para la agricultura, instructor de inglés) y cinco de las mujeres identificaron su labor como amas de casa.

Catorce de los encuestados se dedican al cultivo de hortalizas (chícharo, zanahoria, pepino, ejote, calabaza, frijol etc.). En tanto que dos de los encuestados se dedican a la floricultura y tres siembran forraje para consumo de sus propios animales, cultivo que no se comercializa. En quince de las parcelas refirieron usar riego por goteo, una más usa riego por aspersion, dos usan el riego rodado y otra más usa canales y mangueras. Un ejidatario dijo desconocer el tipo de riego que usan

porque la renta. Diez de las parcelas refirieron exportar sus productos agrícolas a Estados Unidos de América (EUA) y diez más comercializan sus producto agrícolas dentro del país.

Las encuestas fueron analizadas con el programa Statistica para MS-DOS mediante un análisis exploratorio por conglomerados por el Método de Ward, usando medidas de distancia euclidiana, para determinar la asociación de la variabilidad de las respuestas. No se observó una asociación entre la ubicación de la parcela, la opinión respecto al estado del acuífero y la disposición a usar el agua tratada como estrategia para un mejor aprovechamiento del recurso.

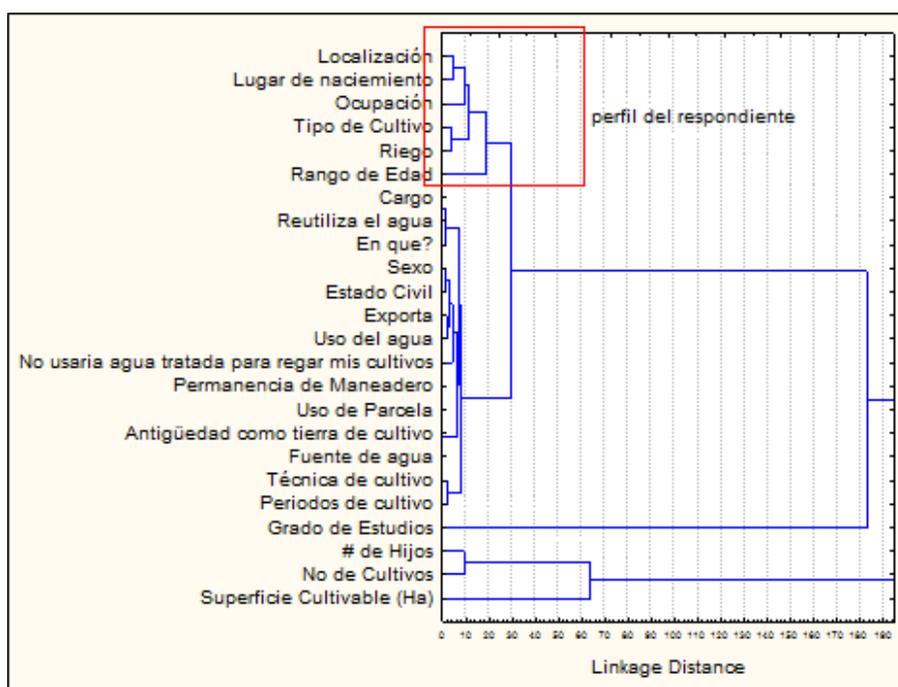


Figura 19. Dendrograma que muestra la asociación de la variabilidad de las respuestas.

Quince de los encuestados confían en la calidad del agua residual tratada (Figura 20) aunque todos aseguraron que sólo para ser usada para riego de floricultura, forraje y árboles frutales. Sólo diez

han pensado en la posibilidad de usar agua residual tratada aunque paradójicamente la mayor parte se dedican al cultivo de hortalizas (Figura 21).

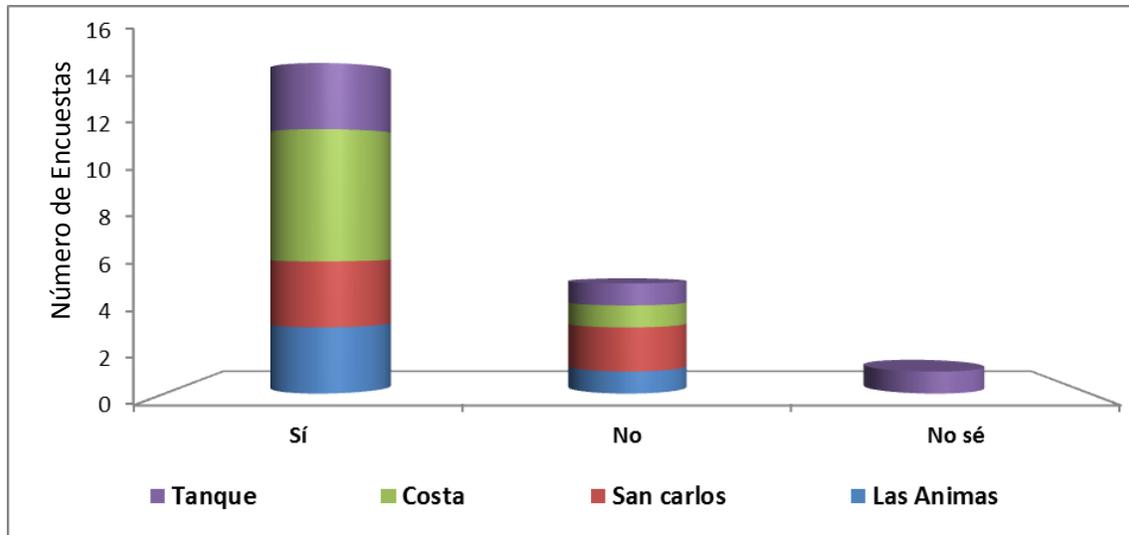


Figura 20. La confianza que manifiestan los usuarios para usar agua tratada no depende de la calidad del agua subterránea ni de la proximidad al tanque de distribución.

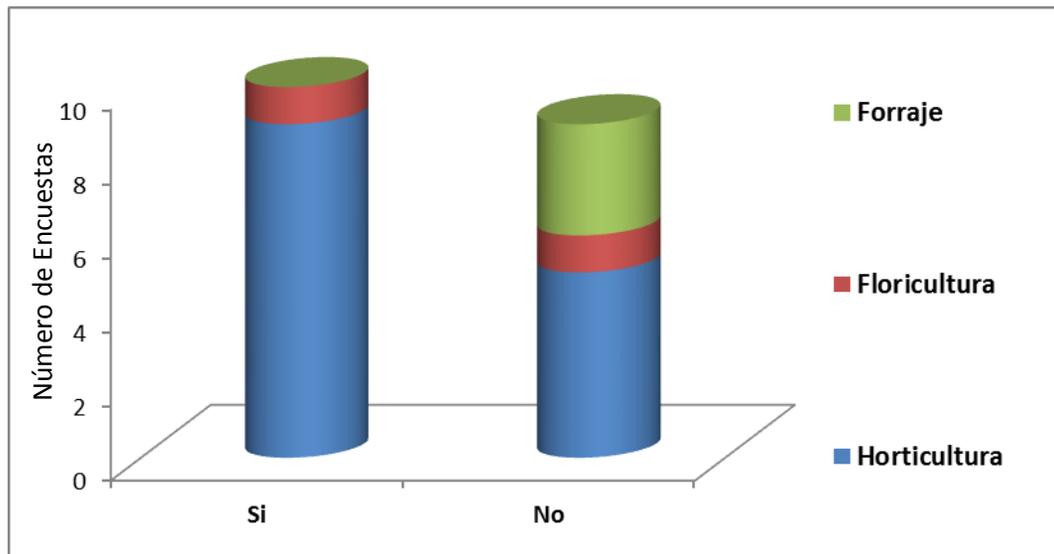


Figura 21. Se definieron tres grupos según el tipo de cultivo que producen, luego se preguntó si ha pensado en utilizar agua tratada en alguna de sus actividades. Los que respondieron afirmativamente hicieron hincapié que sólo la usarían para riego en floricultura y forraje.

Aunque los encuestados reconocen que el acuífero presenta síntomas de sobreexplotación, no está dentro de los hábitos reutilizar el agua en las actividades cotidianas (Figura 22).

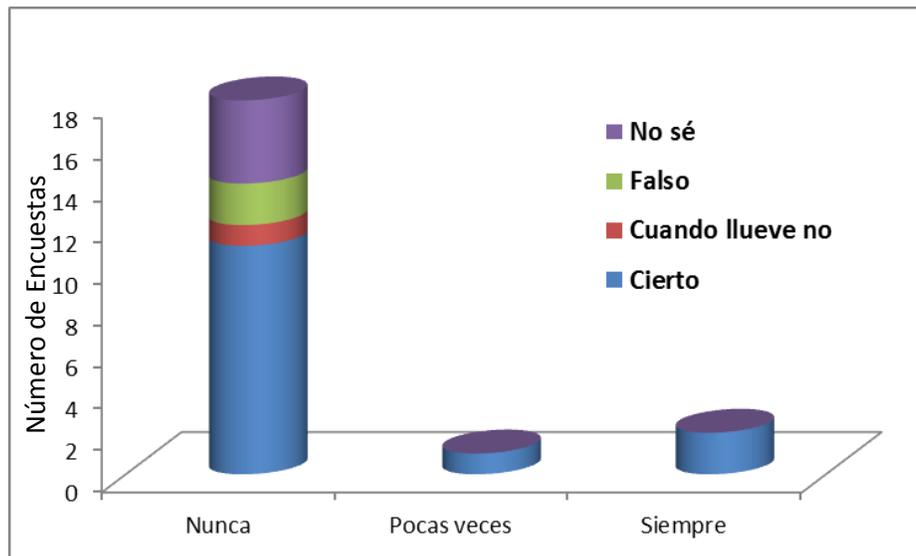


Figura 22. Reconoce que el acuífero presenta sobreexplotación, reutiliza el agua en sus actividades cotidianas.

Además, se detectó que no se tiene un claro concepto de qué es el agua residual tratada; algunos ejidatarios incluso creen que es lo mismo que agua negra y otros las confunden con el tratamiento de ósmosis inversa que le dan al agua subterránea (agua blanca) para mejorar la calidad y aprovecharla en la agricultura. Sólo dos de los encuestados, que representan al sector de la industria, manifestaron que reúsan el agua en alguna de sus actividades para hacer más rentables sus procesos.

Se integró una base de datos que contiene los datos recabados con el instrumento tipo encuesta y la información que arrojó la encuesta, por considerar que ambas contienen información relevante y complementaria. La confidencialidad de los encuestados se ha protegido utilizando un

identificador clave. En el Anexo IV se enlistan los campos que componen la base de datos del instrumento tipo encuesta y la encuesta.

Durante la aplicación de las encuestas se nos informó que la salmuera residual de la ósmosis inversa con la que se trata el agua subterránea para mejorar su calidad, se usa en los cultivos de salicornia que se encuentran ubicados en la costa. Aunque en las visitas de campo no se logró ubicar ninguna parcela que produjera este cultivo, se localizó a la empresa responsable de ésta producción pero no fue posible entrevistarlos. Por otro lado, uno de los encuestados refirió haber perdido toda su cosecha porque en la temporada de lluvia el arroyo se desbordó y se llevó sus invernaderos.

8.1.2.2. Resultado de la Entrevista

El informante clave externó su preocupación por el desperdicio del agua residual tratada que se vierte a la Bahía de Todos Santos y el rechazo para usarla que manifiestan la mayoría de los ejidatarios por temor a que sus cultivos sean rechazados por autoridades sanitarias norteamericanas, que según nos comentó, es el principal consumidor de la producción agrícola de Maneadero.

También nos compartió su reflexión de que "...la gente no quiere el agua tratada porque no hace un análisis económico, porque muchos ya están tratando el agua con ósmosis inversa, porque está muy salobre, a ellos les convendría usar ósmosis inversa en el agua residual tratada, que fuera un plan piloto, es el mejor plan de convencimiento..." y las experiencias que al respecto del uso de agua residual ha tenido "...hubo una persona que estuvo mandando durante dos años productos agrícolas regados con aguas negras para Estados Unidos, yo cinco años metí en mis invernaderos

pura composta de los lodos residuales de la Planta el Naranja, el albahaca se daba tan bonito, y nunca he tenido problemas. Nunca me han rechazado mis productos porque estén contaminados...la planta es un ser viviente. Si te pasas de abono, la planta solita se recupera, es un mejor organismo que nosotros...”

Al respecto de recargar el acuífero con agua residual tratada comentó, “...qué curioso, si nosotros aquí echamos el agua a los cauces de los arroyos, aguas arriba y hay infiltración, yo sí puedo usar el agua pero no la puedo utilizar directamente aunque le de todo el tratamiento...”

Entonces se le cuestionó de qué tan aceptada ha sido la idea de la **Recarga Artificial con Agua Tratada** entre los ejidatarios, “Bien. Lo que pasa es que si ustedes suben por todo el bordo del Arroyo San Carlos llega un punto donde ya los cerros se cierran, o es mucha piedra o es material que no es permeable, o sea se empieza el cauce del arroyo pero ahí el cauce del arroyo ya tiene su inducción directa mientras que aquí (refiriéndose al Arroyo la Ánimas) en este cauce del arroyo que viene de Uruapan no, sale de Uruapan hace una curva muy larga, vuelve otra vez hacia otra parte, viene, agarra una recta, vuela a agarrar curva, entonces la mejor recarga es aquí, porque no agarra línea recta, viene dando vueltas, culebreando, culebreando, entonces el agua por naturaleza va a ir infiltrándose”. El informante clave también manifestó que él y sus vecinos de parcela, cinco ejidatarios más, están pensando en un proyecto de recarga artificial con agua tratada por infiltración por el arroyo Las Ánimas. El informante clave agregó que “falta cultura del buen aprovechamiento del agua, porque hay muchas fugas, sabemos que estamos echando a perder el subsuelo, porque no hay una conciencia, la cuida más el que menos tiene.”

8.2. Estado del Capital Natural

El componente natural incluye la identificación de estructuras geocológicas y los procesos ambientales que requieran estrategias de manejo (Bautista-Zúñiga, 2011).

8.2.1. Clima

El clima prevaleciente de la cuenca hidrográfica de Maneadero es semiárido y templado principalmente en las partes de mayor elevación topográfica de la cuenca, lo anterior de acuerdo con la clasificación de Koppen y adaptada por Enriqueta García (CONAGUA, 2002). En la zona se presentan siete tipos o subtipos de clima, prevaleciendo el clima muy seco semicálido, siguiéndole el clima muy seco templado, y el muy seco muy cálido, semifrío, subhúmedo con lluvias en invierno de tipo desértico, con verano seco no muy caluroso e invierno frío. Según los reportes anuales de la estación No. 097 “Maneadero”, la temperatura media desde 1977 hasta el 2009 ha oscilado entre 16°C - 21°C. La máxima temperatura ha sido de 40°C y en el último año se registró una de las temperaturas máximas más baja (31°C). La mínima temperatura fluctúa entre -5° a 5° (

Figura 23).

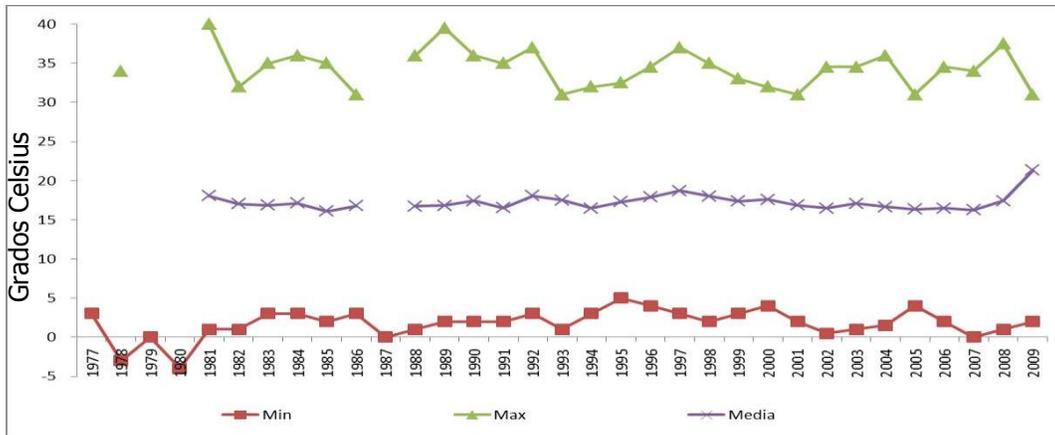


Figura 23. Temperatura máxima, mínima y media reportada para cada año en el período 1977-2009 (°C)

8.2.2. Hidrogeología

La Cuenca hidrológica del Valle de Maneadero, se divide en dos subcuencas principales; la subcuenca de San Carlos y la de Las Ánimas, con cauces que reconocen su descarga hacia el Estero Punta Banda, que está comunicado con el Océano Pacífico (CONAGUA, 2002) como se muestra en la Figura 24.

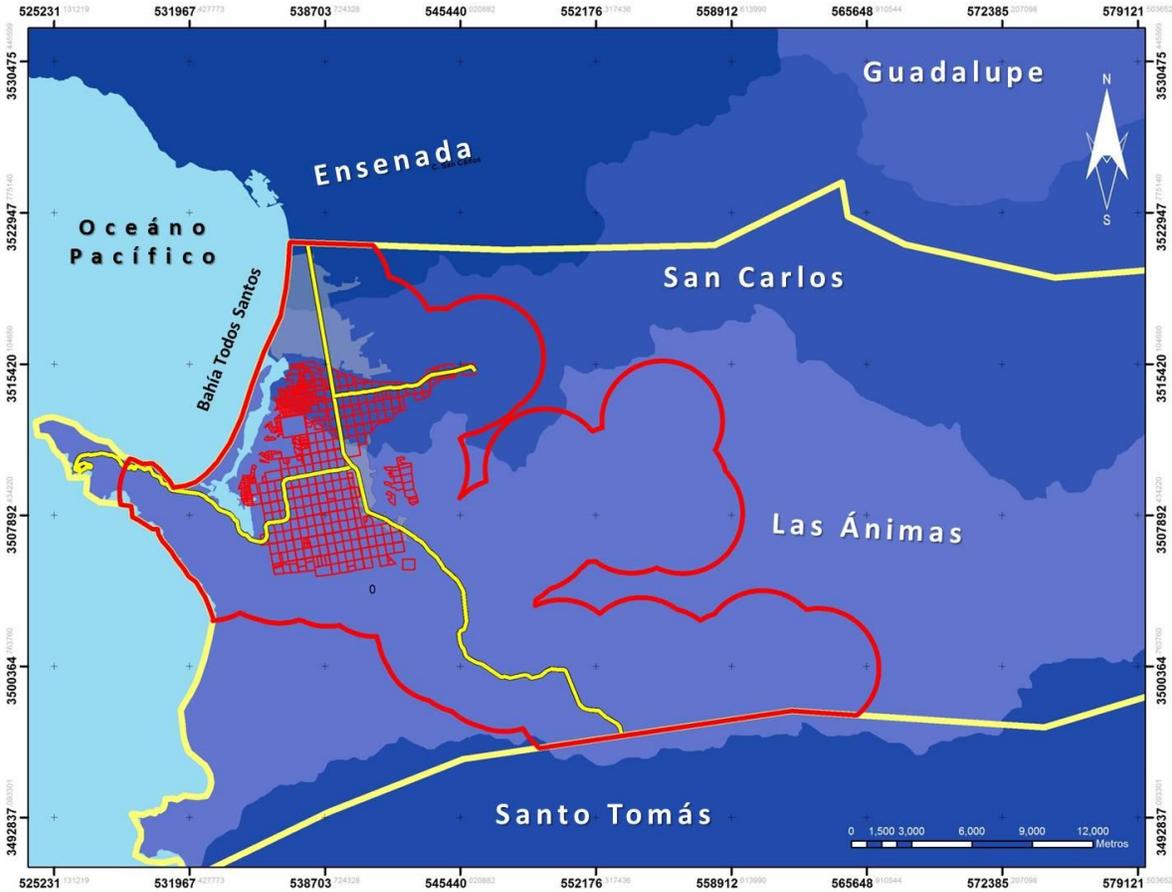


Figura 24. Carta de la hidrología superficial, Subcuencas que están dentro del área del polígono oficial del acuífero (línea amarilla que circunda el área de estudio (línea roja)) y las subcuencas colindantes. El trazo parcelario del Ejido Sanches Taboada (cuadrícula en rojo) y las vías terrestres principales (líneas amarillas que cruzan el área de estudio). Las transparencias en color gris determinan la mancha urbana en el exejido Chapultepec y la zona urbana a un lado de la carretera transpeninsular, que es la que cruza de norte a sur. (Carta de Hidrología Superficial, INEGI. Serie I)

El modelo geológico de Pérez Flores *et al.* (2004) describe una cuenca muy bien desarrollada con la parte más profunda (1650 m) en la Bahía Todos Santos. En la

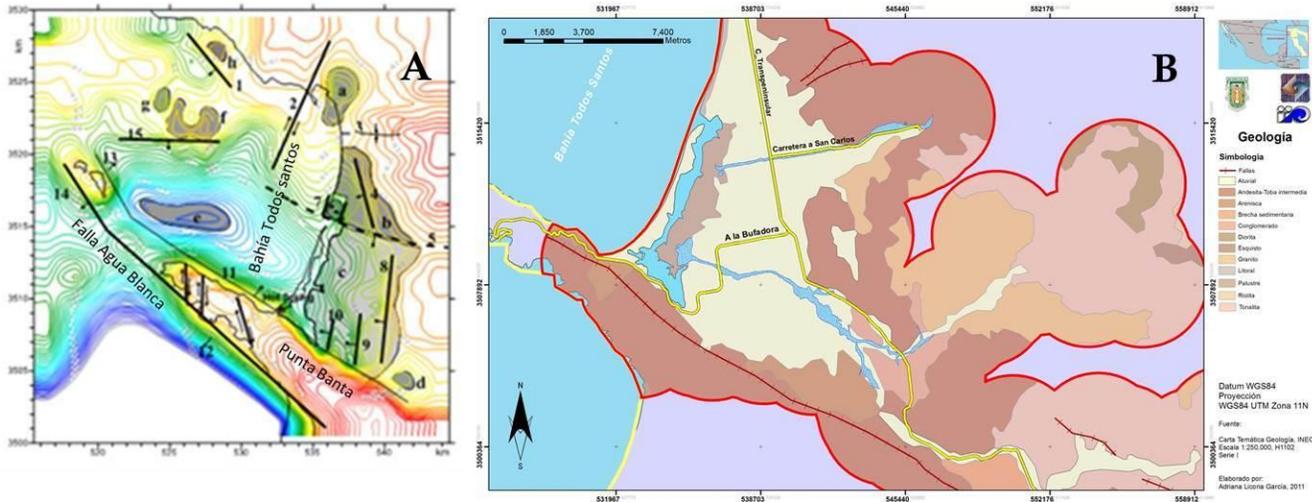


Figura 25 (A) se identifica la parte más profunda con la letra c. El Valle de Maneadero forma parte de la misma cuenca y su parte más profunda (900 m) se encuentra cerca de la laguna costera de Punta Banda. La falla de Agua Blanca es la principal falla del medio fracturado y representa el principal accidente geológico del acuífero de Maneadero (Perez-Flores *et al.*, 2004). En la

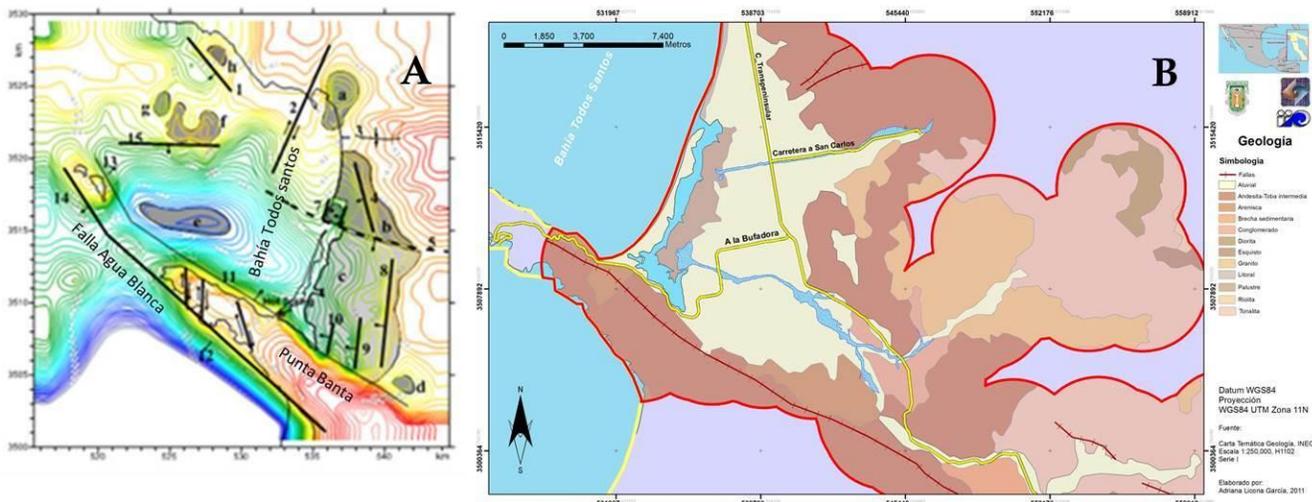


Figura 25(B) se presenta el mapa geológico que reporta el INEGI a escala 1:250,000.

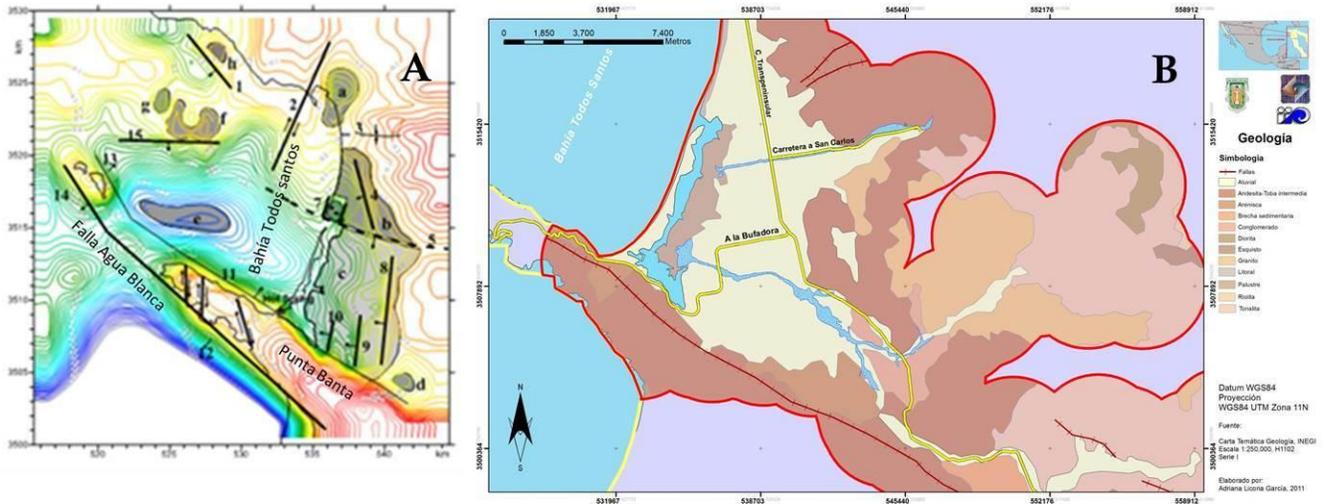


Figura 25.(A) Modelo geológico de Pérez-Flores *et al.* (2004). Las curvas de nivel representan la topografía del basamento cada 50 metros. (B) Carta Geológica 1:250,000 (INEGI, Serie I)

El valle se conforma de una planicie costera de 33 km² de superficie (Figura 26), ocupada por materiales clásticos no consolidados de edad reciente. Hacia el este, la planicie costera recibe las aportaciones de dos arroyos principales: San Carlos y Las Ánimas, que en sus respectivas cabeceras forman parte de la estribación oeste de la Sierra Juárez. Hacia el sur, el valle queda enmarcado por la abrupta pared del bloque ascendente de la falla de Agua Blanca, la cual continúa hacia la costa formando el macizo llamado “Punta Banda”. Al norte queda limitado por una amplia terraza fluvial que lo separa del valle de Ensenada (SRH, 1974). En la Figura 26 se ubican estos componentes.

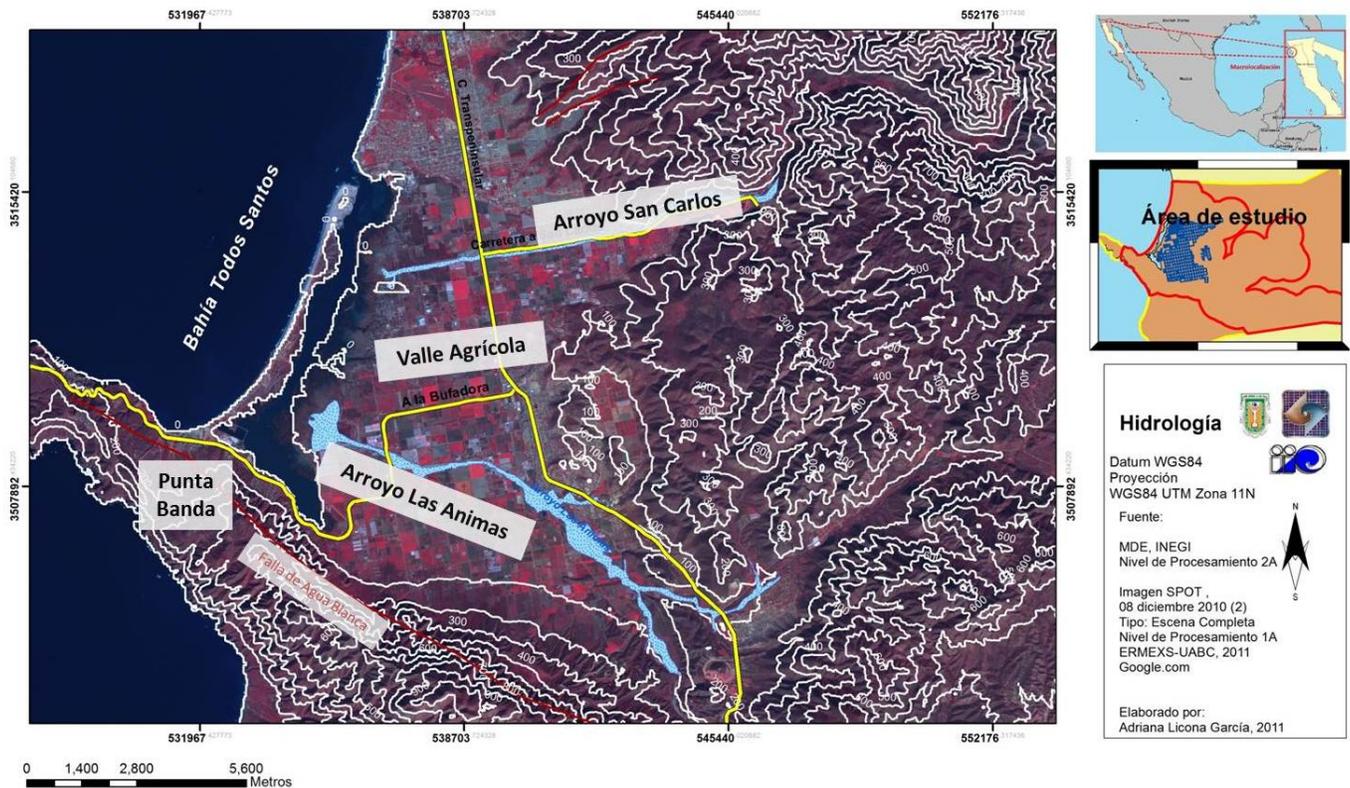


Figura 26. Conformación hidrogeológica de Maneadero. Elaboración Propia.

El cauce del arroyo San Carlos inicia a una altitud de 1863 m.s.n.m. El área total drenada hasta su desembocadura a la Bahía de Todos Santos es de 815 km². El arroyo Las Ánimas tiene una dirección general de escurrimiento sensiblemente paralela a la del arroyo San Carlos. El recorrido de su cauce principal es de 75 km y drena una superficie total hasta la desembocadura en la Bahía de Todos Santos de 980 km². En este arroyo no se han hecho observaciones hidrométricas (SARH, 1978). El sistema acuífero depende directamente de los volúmenes que escurren en los arroyos San Carlos y San Francisquito en la porción oriental y Las Ánimas al sur del valle, debido a que están constituidos por materiales granulares altamente permeables que han sido depositados a lo largo de sus cauces, la respuesta de los niveles freáticos es prácticamente inmediata y es posible tener

recuperaciones en ciclos de lluvias extraordinarias (CONAGUA, 2002). El acuífero consta de tres unidades en función de la permeabilidad que presentan:

- Unidad permeable

Estos depósitos constituyen la unidad hidrogeológica donde se ubica el acuífero, formado por gravas, arenas de diferente granulometría, limos y arcillas, que cubren una depresión tectónica. Su extensión asciende aproximadamente a 75 km². Esta unidad se alimenta por los escurrimientos de los arroyos San Carlos y Las Ánimas, además de la percolación del riego agrícola.

- Unidad semipermeable

Integrada por depósitos de talud, conglomerados y rocas metamórficas con metamorfismo intenso, por su ubicación y distribución, estos afloramientos tienen poca importancia en cuanto al funcionamiento del sistema acuífero. Existen en las áreas de talud pozos profundos con bajos caudales, algunos para fines domésticos.

- Unidad impermeable

Agrupada a todas las formaciones geológicas constituidas por rocas ígneas intrusivas no meteorizadas, ígneas extrusivas, metamórficas con bajo metamorfismo, rocas volcánicas no diferenciadas y sedimentarias de origen marino del Cretácico correspondiente al grupo Rosario; se encuentran al Oriente, al Sur y al Suroeste, circundando al valle como límite lateral y subyacente. Funciona como colectora de la Cuenca y los arroyos, es decir, como canales de conducción de los escurrimientos y los integra al sistema acuífero durante los ciclos de lluvia (CONAGUA, 2002).

En la superficie acuífera analizada de 33.3 km² se encuentran espesores saturados promedio de 105 metros con un coeficiente de almacenamiento regional del 8.9%, que almacenan un volumen total de 311 millones de m³ (Mm³) de agua (SRH, 1974).

Durante el trabajo de campo, se observaron algunos de los procesos antropogénicos que ponen en riesgo la recarga natural en la parte baja de la cuenca: El arroyo San Carlos y las Ánimas son utilizados como basureros clandestinos al aire libre (Figura 27A), existe un traslape entre la zona federal de los arroyos y algunas de las parcelas del Ejido Sánchez Taboada, lo que ocasiona que haya invernaderos y zonas de cultivo sobre el cauce de los arroyos (Figura 27 B), se extrae material (arena y grava) para ser aprovechado en la industria de la construcción (Figura 27 C) y actualmente se excava con maquinaria pesada ambos arroyos (Figura 27 D).



Figura 27. Fenómenos antropogénicos que merman la calidad de la recarga natural. (A) Arroyos utilizados como basureros clandestinos (B) Tralape de la zona federal del arroyo y el plano parcelario del ejido Sánchez Taboada (C), Explotación de material para la construcción y (D) excavaciones con maquinaria pesada.

8.2.3. Vegetación

Las vertientes occidentales que miran hacia el Pacífico resultan ser más húmedas y actúan como pantalla frente a la penetración de las brisas oceánicas cargadas de humedad. Existe por ello una marcada disimetría que se refleja en la distribución de las grandes formaciones: de carácter mediterráneo al Norte de la península y al Oeste de las cadenas montañosas (región Californiana; provincia Baja-Californiana); de carácter desértico al sur y al oeste del cordón montañoso peninsular (región Desértico-Norteamericana; provincia Sonoriana). El valle de Maneadero se ubica en la región Californiana; provincia Bajo-Californiana (Figura 28) (Peinado y Delgadillo, 1990).

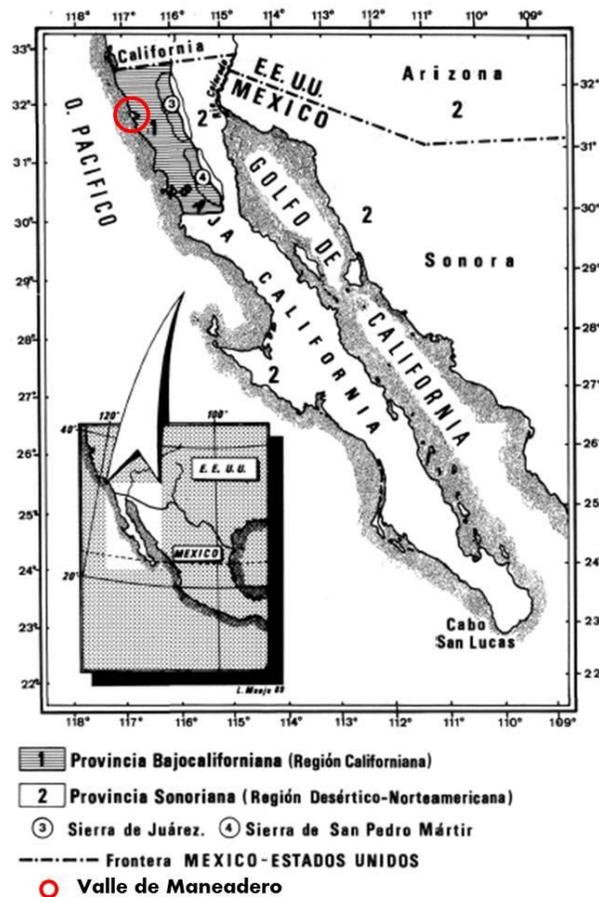


Figura 28. Localización del valle de Maneadero en la región Californiana: provincia Bajo-Californiana. Tomado de (Peinado y Delgadillo, 1990)

Dado que las precipitaciones son exclusivamente invernales, quedando el verano como una estación seca y cálida, el clima es típicamente mediterráneo y la vegetación responde a esos parámetros climáticos con idénticas adaptaciones: matorrales esclerófilos en las zonas semiáridas (chaparral, matorral costero), bosques esclerófilos en las zonas de ombroclima seco (encinares de *Quercus agrifolia*) y pinares abiertos en las alturas montañosas.

En la figura 29 se refleja el área noroccidental de la vegetación mediterránea de Baja California, cuya frontera meridional puede establecerse en los alrededores del paralelo 30, la oriental en las sierras de Juárez y San Pedro Mártir. Entre las especies, por citar sólo las más significativas, pueden reconocerse las siguientes vicarianzas (entre paréntesis figuran las que en la región Mediterránea juegan un papel ecológico-fisonómico similar): *Quercus agrifolia* (*Quercus ilex*), *Lonicera subspicata* (*L. periclymenum*), *Heteromeles arbutifolia* (*Arbutus unedo*), *Quercus dumosa* (*Q. coccifera*), *Artemisia californica* (*A. campestris*), *Eriogonium fasciculatum* (*Thymus* sp. div.), *Rosa minutifolia* (*R. spinosissima*), *Clematis lasiantha* (*C. flammula*), *Inula viscosa* (*Haplopappus tridentatus*), *Cneridium dumosum* (*Rhamnus lyciodes*), *Galium porringens* (*Galium aparinella*), *Salvia apiana* (*S. lavandulifolia*), *Platanus racemosa* (*Populus alba*), *Dryopteris oreades* (*Dryopteris arguta*), *Dentaria californica* (*Alliaria petiolata*), *Marah macrocarpus* (*Bryonia dioica*), *Lycium californicum* (*L. intricatum*), *Asplenium adiantum-nigrum* (*A. jonhstoni*), etc.

8.2.4. Precipitación Pluvial

La precipitación media anual es de 252 mm, la cual ocurre principalmente de noviembre a abril (CONAGUA, 2002). En la Figura 29 se graficó la precipitación anual acumulada (mm/año) desde 1977 hasta el 2009, según los reportes de la estación No. 097 “Maneadero”. Los años de 1978 y

1983 presentaron lluvias extraordinarias (500 mm cada año) y en 1987 se reporta un periodo severo de estiaje. La precipitación anual promedio del periodo 1977 - 2009 es de 235.3 mm.

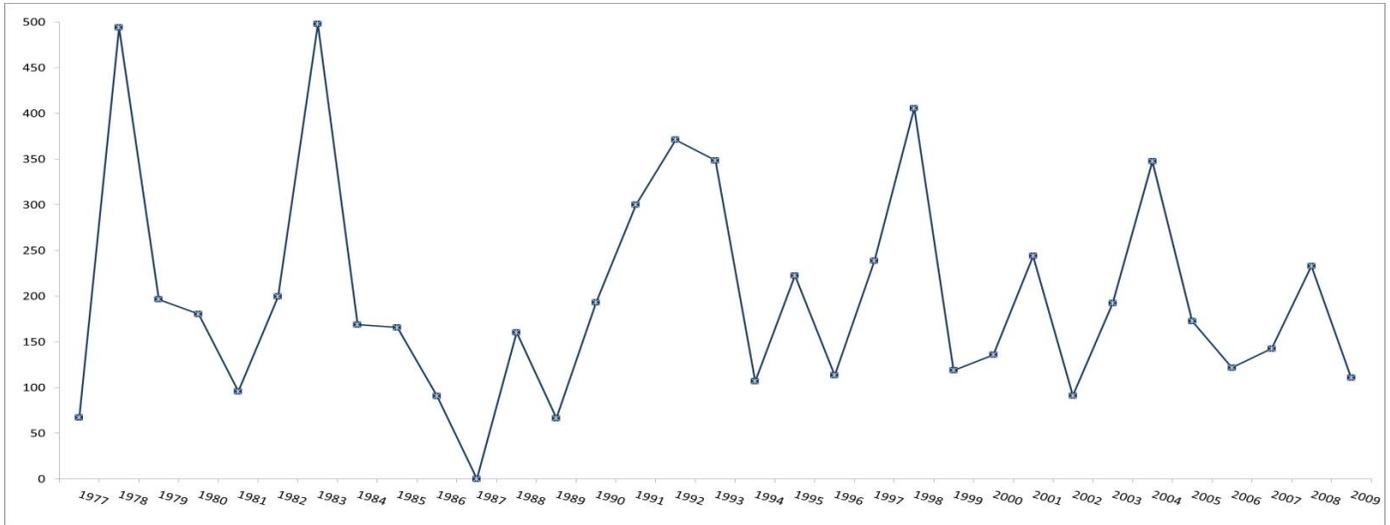


Figura 29. Precipitación anual acumulada (mm/año), CONAGUA, 2010

8.2.5. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial media anual para toda la Cuenca de Maneadero es de 274.27 mm. Para determinarla se tomó como base un período de 27 años, que comprende de 1970 a 1996, los valores varían entre 110.95 - 513.78 mm. La lámina media de evaporación en toda la cuenca es de 1,625 mm (CONAGUA, 2002).

8.2.6. Balance hidrológico del Acuífero de Maneadero

A partir de la información con la que se cuenta, se hizo una aproximación del balance hidrológico que presenta el acuífero. La cuenca de Maneadero tiene un área de 1866 km², la precipitación anual promedio del periodo 1977 - 2009 es de 235.3 mm, la lámina media de evaporación en toda la cuenca es de 1,625 mm, mientras que la extracción de agua subterránea reportada para el 2009 es

de aproximadamente 33 Mm³, entonces, sustituyendo en la Ecuación 2 de la sección 2.4. Balance Hidrológico,

$$P - ET = \left[\left(0.2353 \frac{m}{m^2} \right) - \left(1.625 \frac{m}{m^2} \right) \right] \times [1,866,000,000 \text{ m}^2]$$

$$P - ET = -2,593,180,200 \text{ m}^3$$

Lo que implica un déficit de recarga para el 2009 sin haber considerado aún la presión antropogénica. Al considerarla en la ecuación 2 y 3 de la sección 2.4. Balance Hidrológico :

$$G_R = -2,593,180,200 \text{ m}^3$$

$$33,000,000 \text{ m}^3 > -2,593,180,200 \text{ m}^3$$

8.2.7. Monitoreo del Estado del Acuífero de Maneadero

Para determinar los cambios que sufre el agua subterránea es necesario utilizar redes de monitoreo e interpretar los datos obtenidos. El monitoreo para definir las características físico-químicas del sistema de flujo del agua subterránea y sus tendencias de calidad, son básicos para lograr una gestión eficaz del agua subterránea (Bautista-Zúñiga, 2011).

Los monitoreos que se llevan a cabo periódicamente son de la calidad del agua (Sólidos Disueltos Totales –SDT-, Nitratos y Fluor) (Daesslé *et al.*, 2004, 2005, 2008; Manjarrez, 2011). El presente estudio se concentra en la variable de Sólidos Disueltos Totales (SDT), por ser la que nos permite inferir el grado de intrusión salina, además de revisar los estudios piezométricos que se han reportado.

8.2.8. Calidad del Agua

Las norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994, agua para uso y consumo humano, establecida por la Secretaría de Salud, refiere como límite máximo 1000 ppm (mg/L) de SDT. En el valle de Maneadero, agua hasta con 2000 ppm de SDT es usada como potable. Para este trabajo se utilizará la clasificación de la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) que define al agua para uso potable de la siguiente manera (SRH, 1974):

Tabla 9. Calidad del Agua Potable a partir de la concentración de SDT (ppm)

Sólidos Totales Disuelto, SDT (ppm)	Calidad
Hasta 1000	Buena
1000- 2000	Mediana
2000 en adelante	Mala

8.2.9. Monitoreo de la Calidad del Agua

Con base en el estudio realizado por Manjarrez (2011), para determinar la calidad de agua en cuarenta y cinco muestras de pozos del valle de Maneadero, se encontró que el 4.44% es de buena calidad, el 28.88% es de mediana y el 66.66% restante de mala calidad. Se consideran potables las dos primeras que suman el 33.33% del total de las muestras (Figura 30).

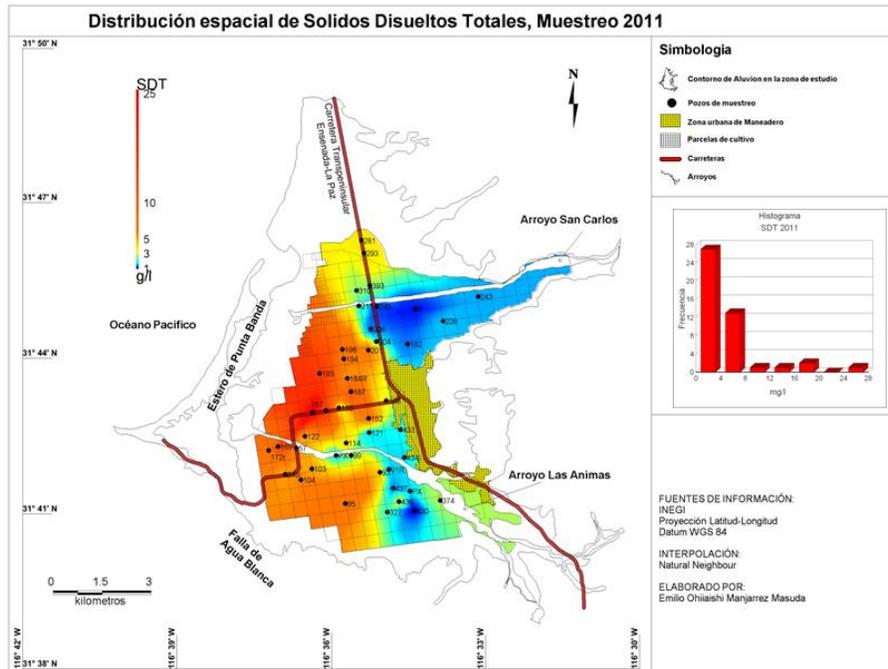


Figura 30. Distribución espacial de STD obtenidos durante el muestreo de pozos marzo y abril del 2011 (Manjarrez, 2011)

Desde 1974 se han monitoreado los STD presentes en los pozos del acuífero de Maneadero. Los primeros años, este monitoreo estuvo a cargo de la SRH, posteriormente a cargo de la CONAGUA y en años recientes el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la UABC se ha dado a la tarea de monitorear la intrusión salina, aunque sigue siendo responsabilidad de la CONAGUA.

En el SIG se integra la base de datos de la concentración de STD en ppm. En el campo “n” se reporta el número de registros que se tienen para cada año, el menor número de registros son los que se reportan en el año 1982 (n=12) y el mayor número de registros se logró en la campaña de monitoreo del 2011 (n=45). Los demás años se han descrito con colectas de 25 a 30 muestras de diferentes pozos localizados a lo largo del valle. En la Figura 31 se describe cómo se ha deteriorado la calidad del agua subterránea desde 1974 hasta el 2011.

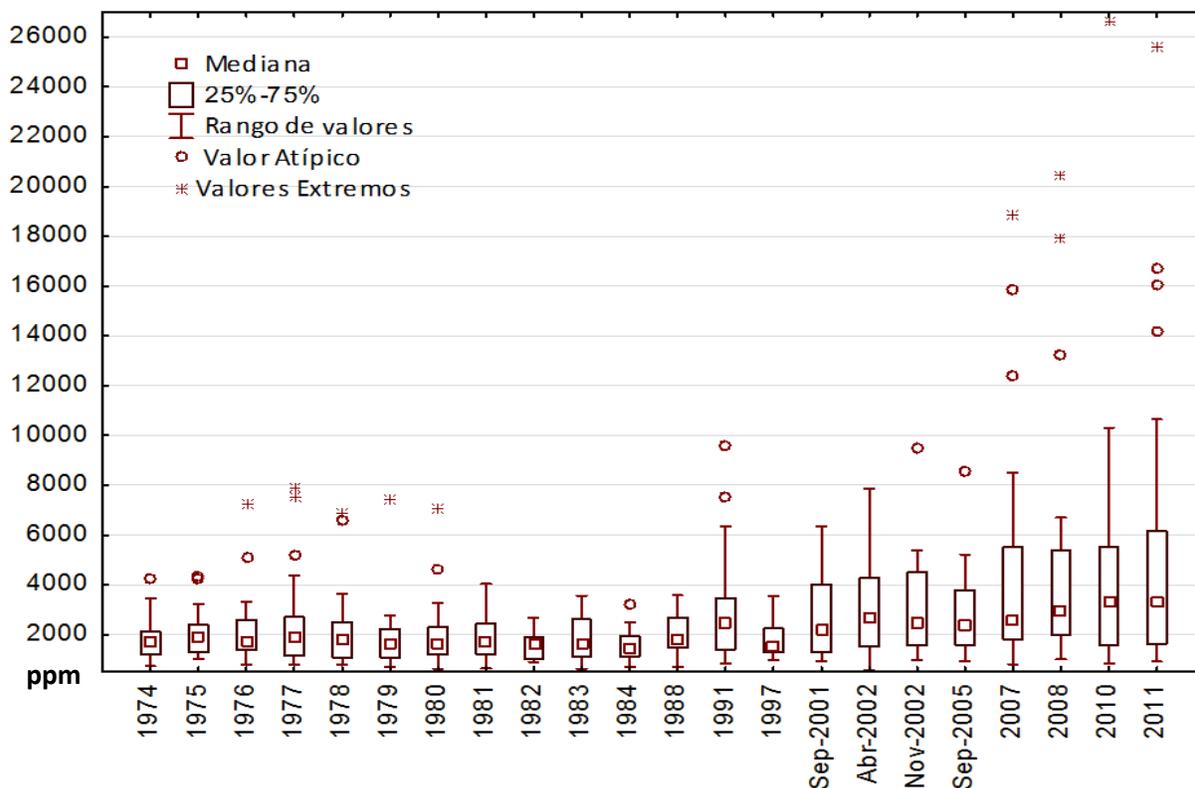


Figura 31. Evolución de la concentración de SDT (ppm) en el período 1974-2011. Se gráfico la mediana para cada año. Mientras que en 1974 no se registraban valores extremos y los valores atípicos no se alejaban del rango de valores, en 1976 se registraron los primeros valores extremos. En 1981 aún se observaba una evolución del deterioro de la calidad del agua subterránea uniforme, es destacable que la mediana ha estado fluctuando entre 1500 y 3300 ppm. Aunque ya para septiembre del 2001, el rango de valores era mucho más amplio y en el 2010 y 2011 se registraron los valores extremos más importantes. Elaboración propia.

En el trabajo de campo se observó que actualmente no se tienen buenas prácticas para el manejo de los residuos de la ósmosis inversa (salmuera), que se utiliza para mejorar la calidad del agua subterránea y es desechada vertiéndola en los caminos de tierra del ejido.

Serrano-Ortíz (2011) estimó la intrusión salina que se presenta en el valle de Maneadero mediante mediciones de resistividad del suelo sobre cuatro transectos horizontales a la línea de costa, enfocándose en la parte sur del Valle, cerca del arroyo las Ánimas (Figura 32). Luego modeló la distribución de las zonas de alta resistividad (agua potable) y zonas de baja resistividad (agua salina). El SIG cuenta con las superficies de resistividades (Ω) que generó Serrano-Ortíz (2011) a diferentes profundidades (-850, -90, -70, -52.5, -38.5, -27, -17, -8.5, -2.5) en formato raster (Serrano-

Ortíz, 2011). Esta es una aproximación del comportamiento espacial del avance de la intrusión salina que además nos permite visualizar la probable conformación del acuífero.

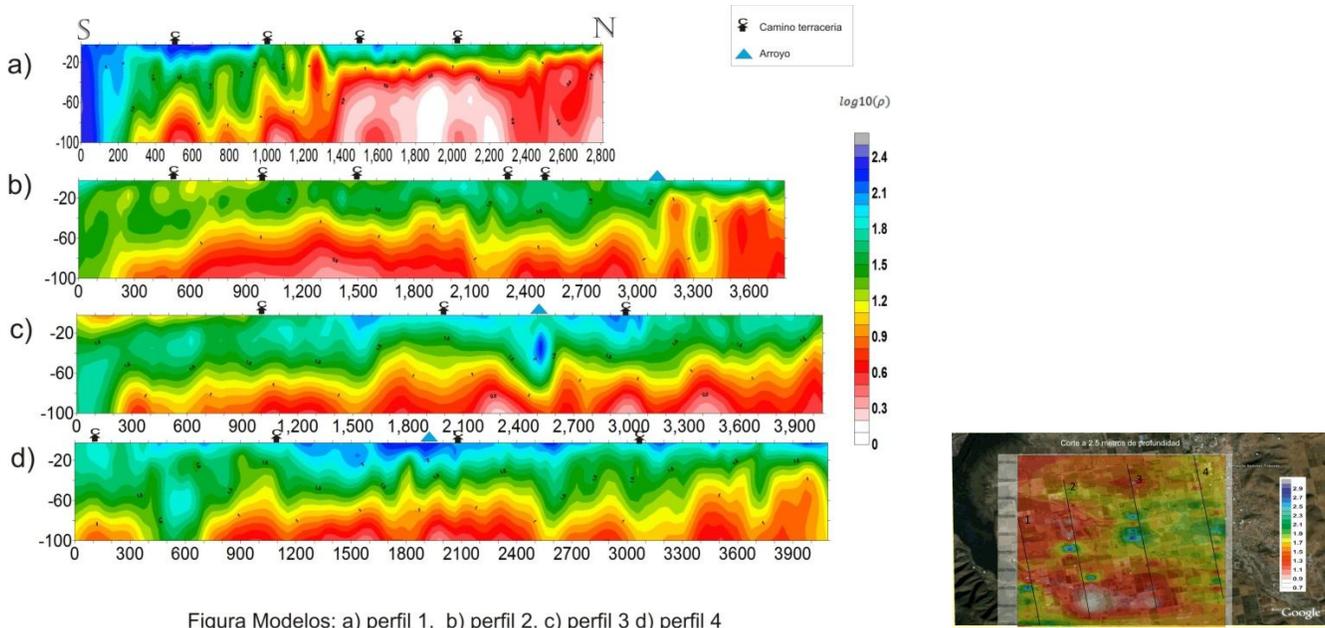


Figura Modelos: a) perfil 1. b) perfil 2. c) perfil 3 d) perfil 4

Figura 32. Perfiles de resistividades para el cálculo de las superficies a diferentes profundidades (Serrano-Ortiz, 2011)

8.2.10. Piezometría

El nivel piezométrico se define como la altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar en los acuíferos libres. En los confinados, es la altura que alcanza el agua en el interior en un sondeo una vez que sea ha equilibrado con la presión atmosférica. Se usan puntos de observación como pozos, piezómetros, zanjas, manantiales, etc. Cuando se trata de conocer la situación piezométrica de un acuífero, es esencial que las medidas a realizar en los distintos puntos de observación sean "simultáneas", en el entendido de que se realizan dentro de un período de tiempo tan corto que no se presuman variaciones debidas a recargas o fuertes bombeos. En acuíferos costeros se recomienda tener registros mensuales y, en algún caso, con una periodicidad menor menores. La observación de las variaciones de nivel piezométrico en un cierto punto proporciona

información sobre la respuesta del acuífero a procesos de recarga o de extracción, así como sobre la tendencia en el almacenamiento (Hiscock, 2005).

El estudio realizado por la SRH (1971) es el más antiguo y, al parecer, el primero realizado de manera formal para el valle de Maneadero. Este trabajo no constituyó un estudio geohidrológico detallado, pero inició con las actividades sistemáticas de monitoreo de niveles piezométricos, calidad del agua y censo de aprovechamientos. Surgió como una necesidad ante la explotación desmesurada de los recursos subterráneos en todo el Estado.

En 1976 se realizó el estudio de control Piezométrico por la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) y la Actualización Pizométrica y Geoquímica del valle de Maneadero en 1991 por la CONAGUA.

Del área de análisis considerada en 60 km² desde la costa hacia el este, 45 km² presentan niveles por debajo del nivel del mar. La explotación del agua subterránea ha modificado el esquema natural del flujo subterráneo, apreciándose un cono de abatimiento localizado a 2.5 km al norte del poblado de Maneadero a la salida del arroyo San Carlos a la altura de la carretera Transpeninsular, lo que propicia la intrusión marina. Dicho efecto ya ha alcanzado a los pozos situados al oeste de la carretera debido al régimen de bombeo y al incremento de aprovechamientos de agua subterránea al que está sometido el acuífero, ocasionando un descenso paulatino de los niveles estáticos. A la salida de los arroyos que llegan al valle y sobre los cañones de los mismos se observan niveles estáticos sobre el nivel del mar, controlada seguramente por la topografía y lo reducido de los depósitos aluviales en los cañones. Las elevaciones observadas en el valle son de 10 a 20 msnm, mientras que los cañones de los arroyos están a 50 hasta 350 msnm y de 50 a 350 msnm (COTAS, 2005).

Las condiciones del acuífero en 1991 presentaban el mismo o mayor grado de sobreexplotación que en 1974. El estudio piezométrico más reciente es la actualización de la Red Piezométrica que se realizó en julio del 2009 a cargo del Ing. Carlos Manuel López Fernández contratado por Comité Técnico de Aguas Subterráneas de Maneadero A.C.

La reactivación y actualización de la red piezométrica está integrada por 70 nodos (pozos piloto). Se elaboraron configuraciones de igual profundidad y elevación del nivel estático para julio del 2009. Asimismo, se configuraron las curvas de igual evolución del nivel estático para el periodo de noviembre de 2001 a julio de 2009 con la información disponible del estudio realizado para la CONAGUA por el Consorcio de Ingeniería Mexicana (Dic-2001). La configuración de profundidades al nivel estático reveló que en el acuífero de Maneadero prevalecen actualmente condiciones de sobreexplotación, sobre todo en las zonas colindantes a los dos arroyos principales: San Carlos y Las Ánimas, donde se concentran la mayoría de los pozos. En forma general, el rango de las profundidades al nivel estático varía entre los 1.45 y 51.58 metros; registrándose los valores mínimos en los cauces de los arroyos Las Ánimas, San Francisquito y San Carlos. Las mayores profundidades (33.46 a 51.58 m) se registran en terrenos del Ejido Chapultepec y en la mesa localizada al sur del valle de Maneadero. La configuración de elevaciones del nivel estático revela que debido a las condiciones de sobreexplotación de los pozos activos se han generado conos de abatimiento considerables, presentándose una cota negativa máxima de -6.89 metros en la porción oeste del Acuífero, en la zona conocida como San Carlos. Para la determinación de la configuración de curvas de igual evolución del nivel estático, se utilizaron datos piezométricos disponibles correspondientes al estudio de noviembre de 2001 y julio de 2009, cubriendo un periodo de 7 años 9 meses. La disposición de las curvas muestra que en general se ha agravado la condición de sobreexplotación en el acuífero, registrándose abatimientos máximos en el período de

hasta -10.81 metros (P-489 / M-18) en la zona norte del acuífero (Ex-Ejido Chapultepec), de -5.84 metros en la zona de San Carlos y -4.07 en la porción sur de El Salitral, concordando con el cono de abatimiento que muestran las configuraciones de profundidades y elevaciones del nivel estático (COTAS, 2005). Hay que destacar que trece de los pozos que integran la Red Piezométrica no están reportados en los censos de la Conagua 2002 y 2009, sin embargo COTAS cuenta con el kardex de identificación de éstos. El SIG cuenta con los vectores de las curvas de evolución, de igual elevación, curvas de igual profundidad, así como los nodos activos y los puntos control (Figura 33) (COTAS, 2005).

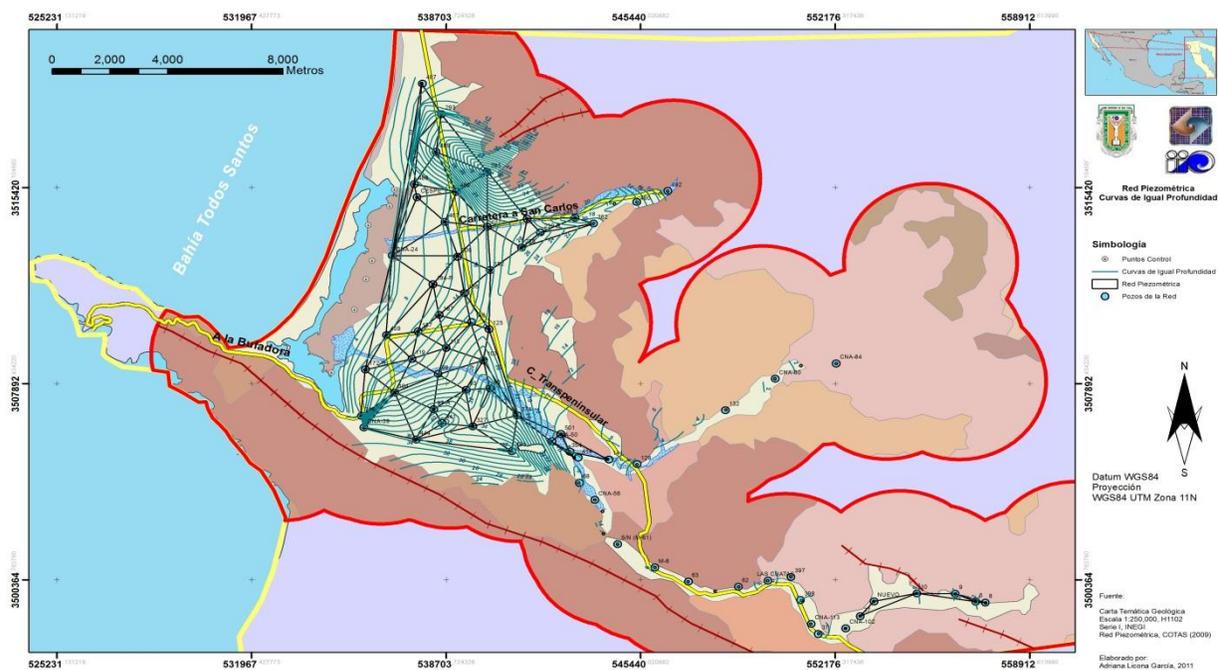


Figura 33. Red Piezométrica, COTAS 2009

8.3. Diseño de Capas de Información

A continuación se describe el contenido del SIG por capas de información. Hay que destacar, que este es el producto final de la investigación y pretende ser una herramienta de comunicación de la presión socioeconómica que se ejerce sobre el Acuífero y el estado que presenta el mismo a partir de las investigaciones técnicas y monitoreos que se realizan. El SIG esta integrado por cuatro secciones principales: Sección I. Información del contexto, Sección II. Información del área de estudio, Sección III. Información de la presión, Sección IV. Información del estado. A continuación se describe las capas que componen cada sección:

Sección I. Información del Contexto

Esta sección se compone de una sola capa de información, a escala 1:350,000, es una capa de reconocimiento del paisaje para contextualizar el área de estudio, está integrada por (a) una Imagen satelital LandSat en color verdadero formato *.jpg. La imagen Lansat fue tomada el 8 de agosto del 2009 y sólo tiene procesamiento del nivel 4. (b) Polígono oficial del acuífero de Maneadero. Los vértices oficiales se reportan en el Diario Oficial de la Federación, 31 de enero de 2003. (c) Censo de aprovechamientos en el 2010. Puntos de la base de datos “Censo de Pozos de Maneadero 2002-10” (

Figura 34).

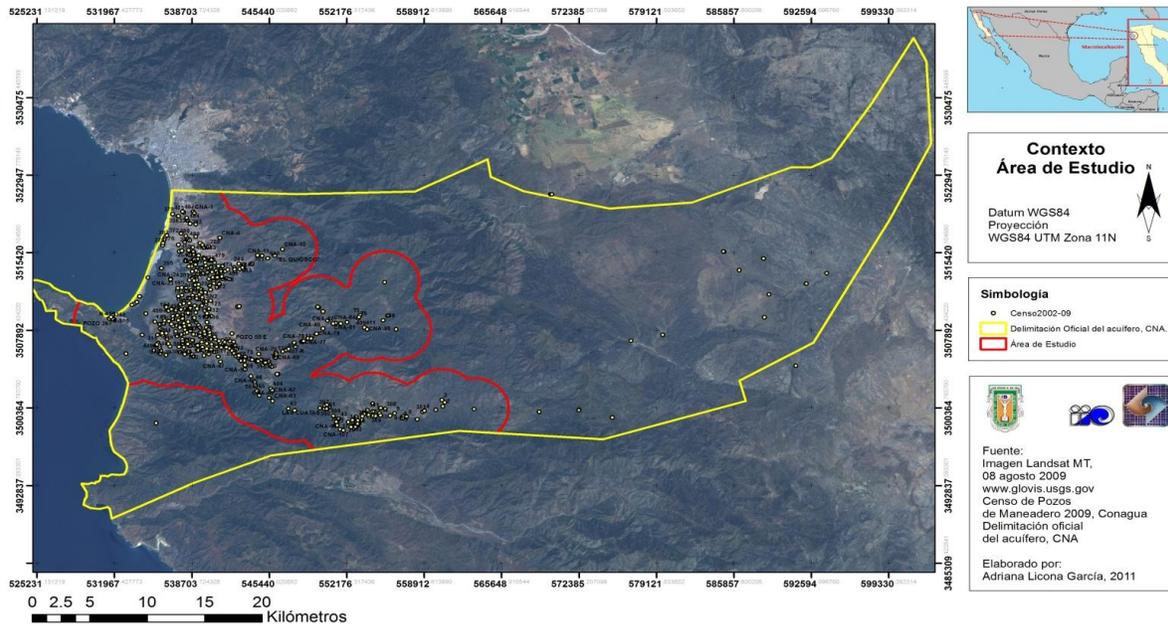


Figura 34. Contexto y área de estudio de la investigación

Sección II. Información del Área de Estudio

Esta sección está integrada por una sola capa de información, con escala de trabajo 1:40,000, integrada por (a) un mosaico de dos imágenes SPOT tomadas el 8 de diciembre del 2010. Formato *.jpg. En la

No. Identificación de las Imágenes.	Ubicación del Centro de la Imagen		Ubicación de las Esquinas				
	Latitud	Longitud	Corner	Latitude	Longitude	Pixel n°	Line n°
5 546-286 10/12/08 18:48:15 1 J	Latitud	N31o 56' 13''	1	N32° 16'43"	W116° 33'54"	1544	1
	Longitud	W116o 18' 0''	2	N32° 6'59"	W115° 51'30"	8219	1750
	Número de Píxeles	4064	3	N31° 35'32"	W116° 1'37"	6680	7578
	Número de Línea	3777	4	N31° 45'13"	W116° 43'50"	1	5826
5 546-287 10/12/08	Latitud	N31o 26' 34''					

18:48:24 1 J	Longitud	W116° 27' 23"	Corner Latitude Longitud Pixel n° Line n° 1 N31° 47'4" W116° 43'15" 1562 1 2 N31° 37'22" W116° 1'2" 8239 1753 3 N31° 5'51" W116° 10'53" 6726 7587 4 N31° 15'34" W116° 53'10" 1 5821
	Número de Píxeles	4084	
	Número de Línea	3778	

Tabla 10 se señala la ubicación espacial de los componentes del mosaico. (b) Curvas de nivel cada 100 metros generadas a partir de un mosaico del Modelo Digital de Elevación (

Tabla 11) (MDE, Escala 1:50,000) (www.inegi.gob.mx). (c) Censo de los aprovechamientos ubicados en el valle de Maneadero (parte baja de la cuenca) (Figura 35).

No. Identificación de las Imágenes.	Ubicación del Centro de la Imagen		Ubicación de las Esquinas				
	5 546-286 10/12/08 18:48:15 1 J	Latitud	N31° 56' 13"	Corner Latitude Longitud Pixel n° Line n° 1 N32° 16'43" W116° 33'54" 1544 1 2 N32° 6'59" W115° 51'30" 8219 1750 3 N31° 35'32" W116° 1'37" 6680 7578 4 N31° 45'13" W116° 43'50" 1 5826			
Longitud		W116° 18' 0"					
Número de Píxeles		4064					
Número de Línea		3777					
5 546-287 10/12/08	Latitud	N31° 26' 34"					

18:48:24 1 J	Longitud	W116o 27' 23''	Corner	Latitude	Longitudo	Pixel n°	Line n°
	Número de Píxeles	4084	1	N31° 47'4"	W116° 43'15"	1562	1
	Número de Línea	3778	2	N31° 37'22"	W116° 1'2"	8239	1753
			3	N31° 5'51"	W116° 10'53"	6726	7587
			4	N31° 15'34"	W116° 53'10"	1	5821

Tabla 10. Ubicación espacial del mosaico de imágenes SPOT

Tabla 11. Arreglo del mosaico del MDE. Escala 1:50,000

h11b11	h11b12	h11b13	h11b14
h11b21	h11b22	h11b23	h11b24

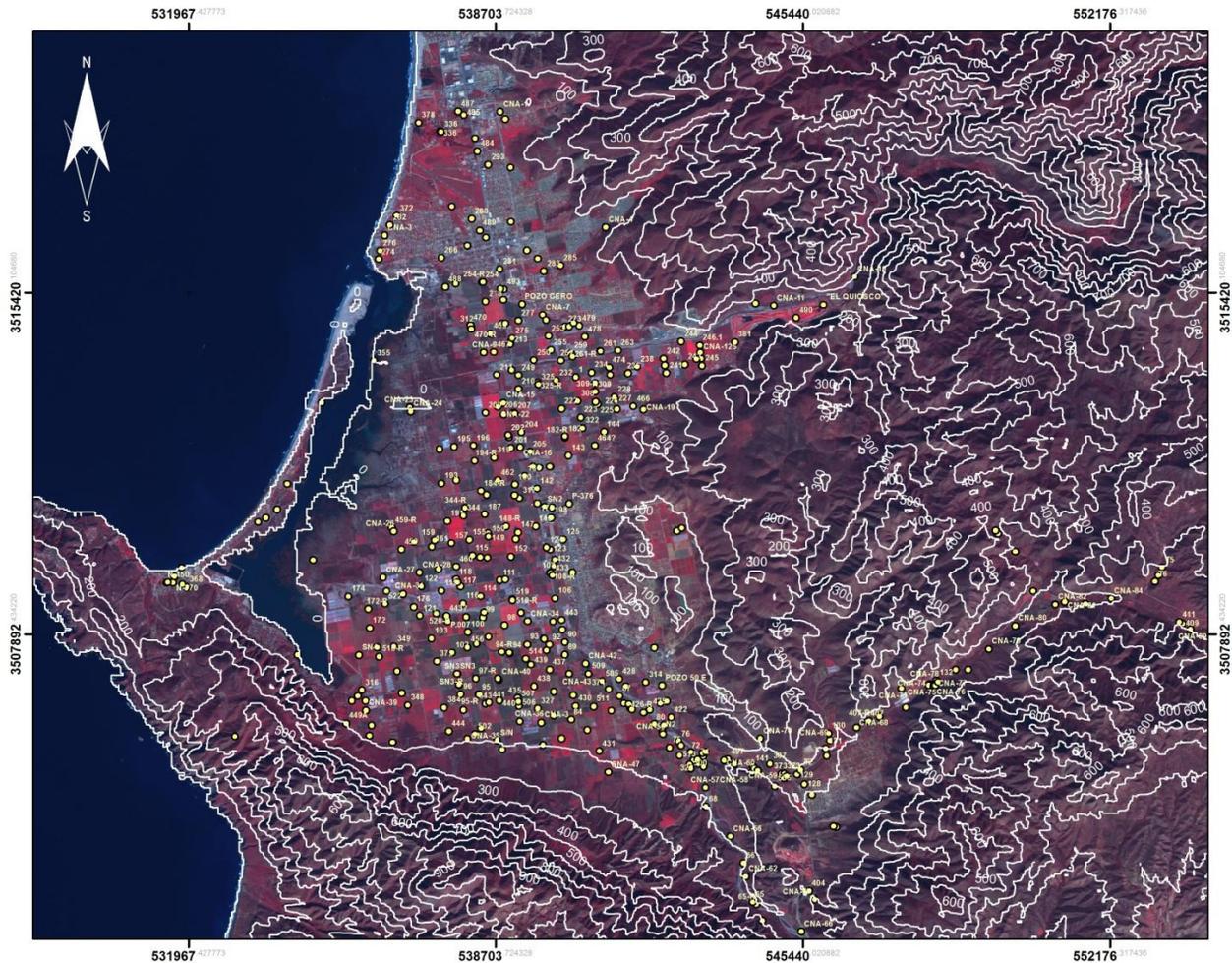


Figura 35. Zoom del Área de Estudio (valle)

Sección III. Información de la Presión

La sección de la presión socioeconómica se integró con de tres capas principales de información: Capa 1. Volumen de agua subterránea extracción reportada (CONAGUA, 2010), Capa 2. Tipo de cultivo reportado (CONAGUA, 2010), Capa 3. Base de datos Encuesta. Escala 1:40,000.

Componentes: (a) Trazo agrícola proporcionado por COTAS (b) Carreteras principales de la zona (c) la zona urbana del Ex Ejido Chapultepec y la zona urbana de Maneadero que colinda con la Carretera Tranpeninsular.(d) Tanque de distribución de la CESPE (e) Aprovechamientos con reporte de volumen de extracción anual (m³), aprovechamientos con reporte de tipo de cultivo

(CONAGUA, 2010), base de datos encuestas, plano de estratificación para el muestreo de la encuesta.

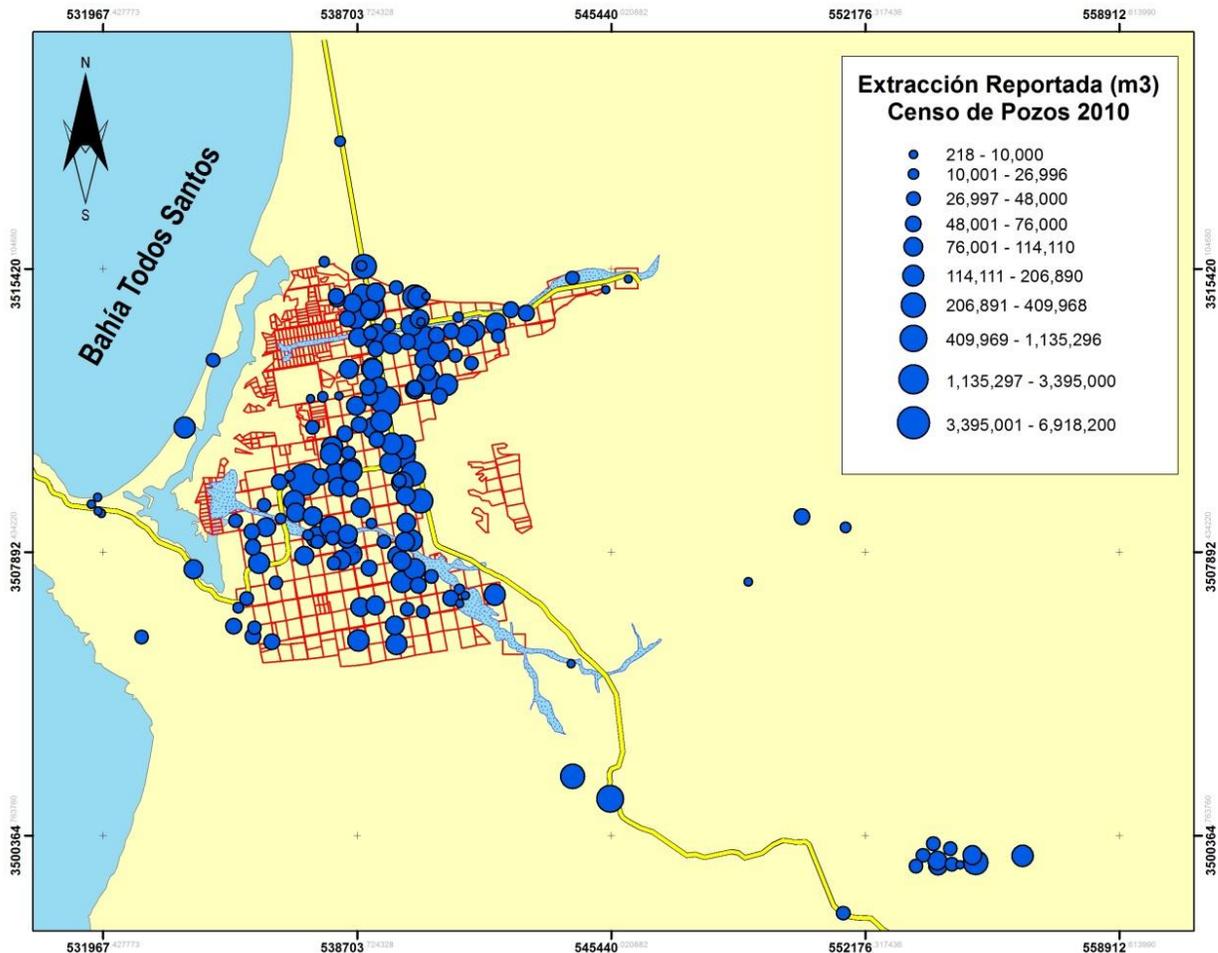


Figura 36. Presión por el volumen de extracción reportado

A partir de las extracción anual reportada para 168 aprovechamientos en el Censo de Pozos 2010 (figura 37), se construyó un histograma de las zonas donde ocurren las mayores extracciones. Cabe destacar que veintiocho de los registros que se reportan inactivos, también reportan volumen de extracción. Según estos datos, la extracción de agua subterránea del acuífero de Maneadero en el 2009 fue de 27,606,659 m³. Para lograr identificar las zonas (parcelas) que presenta la mayor extracción fue necesario determinar una Unidad Mínima Geográfica (UMG) para las zonas que

reportan extracciones fuera del trazo parcelario. La UMG tiene un área de 20 ha, que es el área promedio de las parcelas (Figura 37).

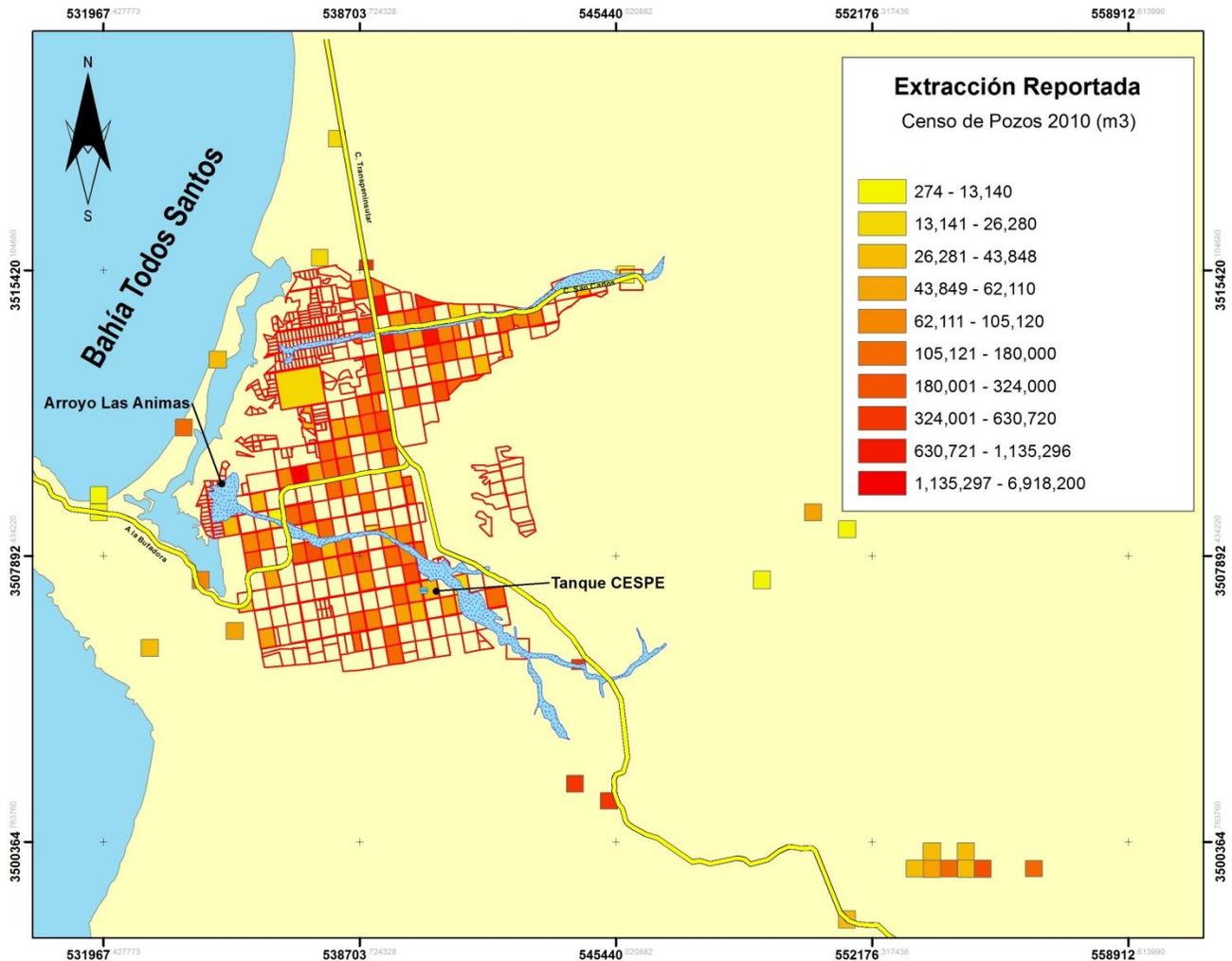


Figura 37. Histograma por zonas (UMG) del volúmen extracción de agua subterránea reportado (CONAGUA 2010).

En el Censo de Pozos de Maneadero 2010 se reportan los productos agrícolas que se producen en el valle de Maneadero. Sin embargo, esta información también está incompleta. En la

Figura 38 se señalan los pozos agrícolas que reportan tipo de cultivo. Sólo se señala si se trata de hortalizas, floricultura, árboles frutales o forraje para identificar las parcelas que actualmente tienen

mayor disposición para ser regadas con agua residual tratada a partir de los resultados de la encuesta (Figura 39). Es importante señalar que si sólo se regara con agua residual tratada los cultivos de floricultura, árboles frutales y forraje, se ahorraría el 14% de las extracciones de agua subterránea actuales. En la base de datos agrícola también se reporta el tipo de hortaliza que se produce.

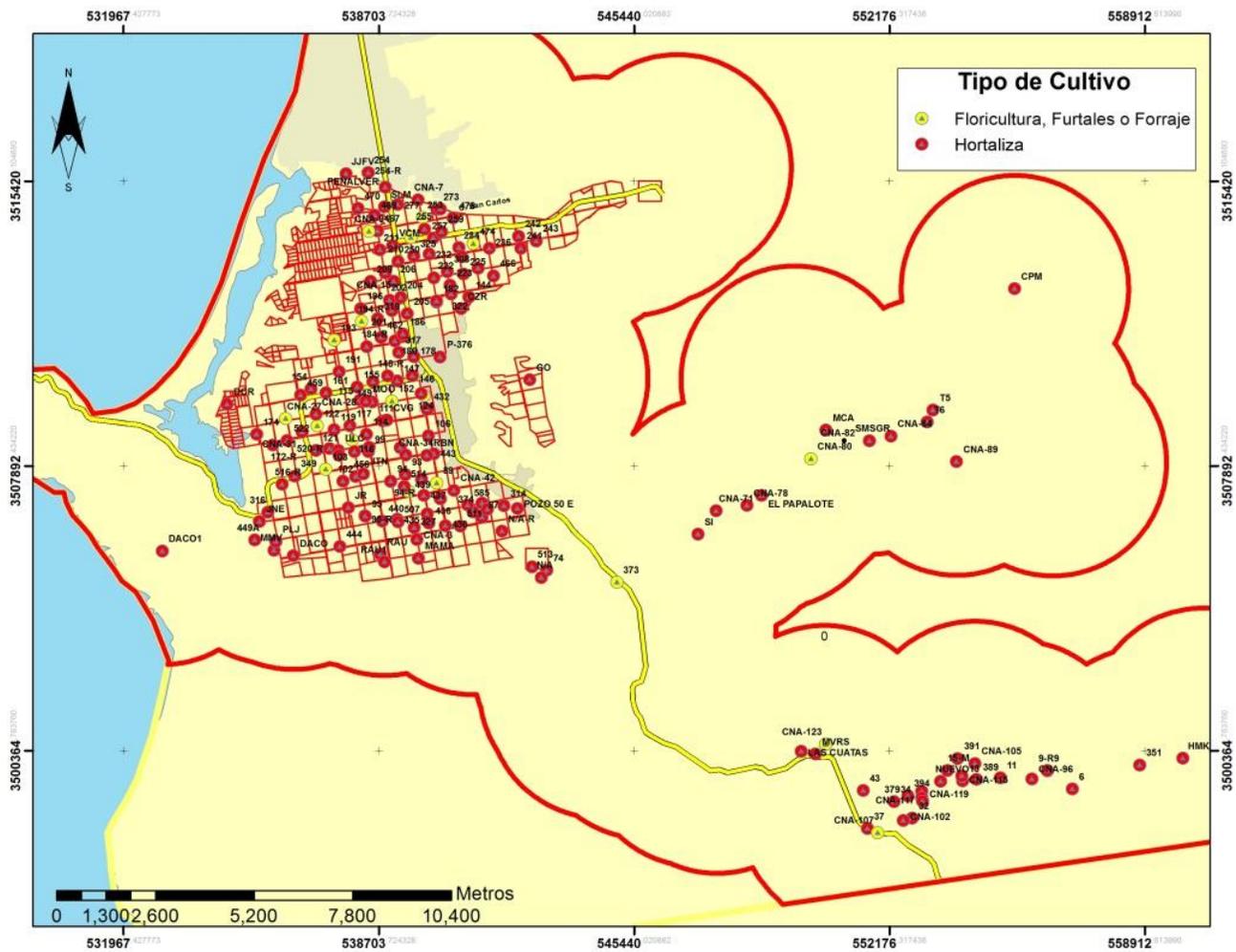


Figura 38. Tipo de Cultivo, CONAGUA 2010

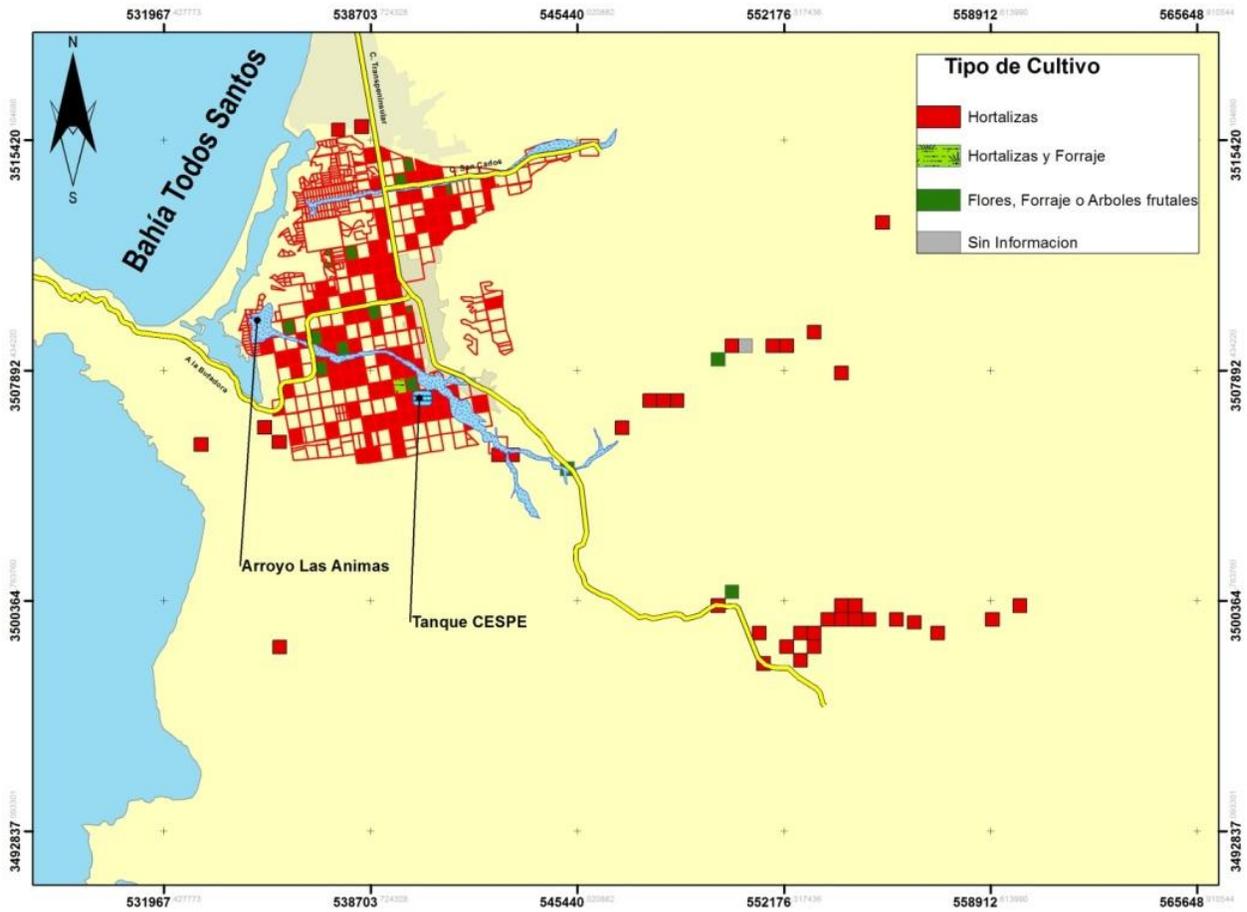


Figura 39. Parcelas que actualmente tienen mayor disposición a ser regadas con agua residual tratada (en color verde) según la aceptación que los ejidatarios manifestaron en la encuesta.

Sección IV. Información del Estado

La sección del estado del acuífero se integra de cuatro capas principales de información. Los componentes de cada una se detallan en la siguiente tabla:

Fuente	Capa de Información	Descripción	Componentes	Tipo de SHAPE	Identificador
INEGI conjuntos vectoriales temáticos. Escala 1:250,000 Carta H1102, Serie I.	Hidrología Superficial	Regiones Hidrológicas, Cuencas y Subcuencas	Conjunto Vectorial Temático	Polígono	Baja_California_WGS84
		Unidades de Escurrimiento	Fragmento del área de estudio	Polígono	eh1102_Project1_Clip1
	Geología	Zona de Veda	Conjunto Vectorial Temático	Polígono	vh1102v_Project
		Cobertura de Estructuras Geológicas	Fragmento del área de estudio	Polígono	h1102pg_Project_Clip
		Cobertura de Unidades de Roca	Fragmento del área de estudio	Polígono	uh1102v_Project_Clip
		Fallas y Fracturas	Fragmento del área de estudio	Líneas	h1102lg_Project_Clip
Hidrogeológica del Acuífero de Maneadero B.C. ante la perspectiva de su sobreexplotación y Recarga Artificial, IIO, UABC.	Intrusión Salina	Base de datos del monitoreo de SDT (g/L) 1974-2011. CONAGUA (1974-1997) UABC (2001-2011)	68 pozos que han sido muestreados en alguna de las campañas de monitoreo dentro del ciclo 1974-2011	Puntos	STD_19072011_Merge1
			Figuras de Interpolación de SDT para el año 210.	Hipervínculos (.jpg)	SDT2010
			Figuras de cuatro perfiles transversales de la resistividad medida con la corrección topográfica	Hipervínculos (.jpg)	Perfil1, Perfil2, Perfil3, Perfil4
		Perfiles de la Resistividad (Ω) que presenta el valle asociada a la calidad del agua potable.	Superficies de la interpolación de resistividad a diferentes profundidades (2.5m, 8.5m, 17m, 27m, 38m, 52m, 70m y 90m).	Raster (.rst)	2.5, 8.5, 17, 27, 38, 52, 70, 90.

Fuente	Capa de Información	Descripción	Componentes	Tipo de SHAPE	Identificador
Reactivación y Actualización de la Red de Monitoreo Piezométrica del Acuífero de Maneadero, Municipio de Ensenada COTAS,	Red Piezométrica	Curvas de evolución	Configuración de las curvas de igual evolución del nivel estático para el periodo de noviembre de 2001 a julio de 2009.	líneas	Curvas_de_Evolución
		Curvas de Igual Profundidad	Configuraciones de igual profundidad y elevación del nivel estático para julio del 2009.	líneas	CurvasIgualProfundidad
		Curvas de Igual elevación		líneas	Igual_Elevacion
		Red Piezométrica	Red Activa Integrada por 70 nodos (pozos piloto)	Polígono	Red_Piezométrica
		Puntos Control	7 puntos msnm = 0m	puntos	Puntos_Control_Red_Piezometrica

9. Discusión

Mientras que la CONAGUA tiene como meta promover el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos (CONAGUA, 2010), y para lograrlo, ha puesto en marcha instrumentos para la formulación de una política de sustentabilidad hídrica, como la Agenda 2030, uno de los principios de la gestión integral del recurso agua implica la participación de todos los interesados desde el principio para asegurar su compromiso (Leendertse et al., 2008).

Entonces, para lograr una congruencia entre el discurso oficial y la gestión local, municipal y estatal, es necesario que el “cómo” se construya desde un nivel de gestión más local, que responda a las necesidades propias de cada localidad, municipio y Estado.

Durante la recopilación de la información para describir la presión nos enfrentamos con la falta de bases de datos de calidad, con información poco confiable, debido principalmente a que entre los productores agrícolas y las autoridades correspondientes (CONAGUA) no existe un diálogo de confianza que promueva el desarrollo sostenible de la agricultura.

La CONAGUA determina los niveles de concesión de recursos hídricos con base en el consumo; este tipo de política condiciona la actitud de los productores para eficientizar el uso y disminuir el consumo, dado que afectaría directamente a los volúmenes concesionados. Actualmente los productores agrícolas del valle tienen una concesión anual total de 37.6 Mm³ de agua subterránea; la extracción reportada en el censo de Pozos 2010 corresponde, en la mayoría de los casos, al volumen concesionado por la CONAGUA. Además el censo de aprovechamientos de agua subterránea del 2010, comparado con el censo 2002, contiene un mayor número de campos de caracterización para cada pozo, sin embargo, cuenta con un menor número de registros. Uno de los principales problemas, según nos indicaron los ejidatarios, es que la CONAGUA contrata temporalmente a personal que no es de la región (son de la capital y del centro del país), por un periodo de tiempo corto para realizar los censos. Según los ejidatarios, es personal que no conoce la zona, ni a los ejidatarios, así que no se comprometen para realizar un levantamiento de datos de calidad.

Puesto que en México, el agua es administrada a nivel federal, los gobiernos locales, municipales y estatales afrontan el reto de asegurar el desarrollo de la población sin disponer de medios formales de intervención. En este sentido, la CESPE, órgano paraestatal con el respaldo técnico de la UABC

debe asumir su papel como mediador y promover un diálogo de confianza con los usuarios que cuentan con concesión para lograr describir la presión antropogénica con datos fidedignos, a partir de campañas de monitoreo donde usuarios principales y académicos caminen juntos con el respaldo de la CESPE. Por otro lado, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Distrito de desarrollo Rural 001 no cuenta con una base de datos digital de la productividad agrícola del período 1990-2008. Los reportes mensuales que generan se van desechando en un archivo muerto, lo que limita la capacidad de análisis. Para esta investigación, se nos proporcionó el reporte anual por ciclo agrícola de la promotoría de Maneadero, por lo que no fue posible hacer un análisis espacial, lo que limitó el análisis del componente económico, mientras que en el caso exitoso de gestión sostenible del recurso hídrico del Distrito de Riego 066 del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur, la transferencia del distrito de riego a los usuarios trajo consigo un cambio de la forma de entender y asumir la responsabilidad de documentar la productividad agrícola (Rivera-Velázquez *et al.*, 2010).

Además, será necesario estrechar un vínculo con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y con las instituciones de educación media-superior y superior en Maneadero para desarrollar proyectos para el monitoreo de la calidad de los productos y de los suelos e impulsar otros proyectos de riego con agua residual tratada. Además, es necesario considerar un diálogo entre los ejidatarios que le apuestan a la iniciativa de Recarga Artificial y el IIO (Cuerpo Académico en Agua y Ambiente) quienes ya comenzaron con los primeros estudios de sedimentos para evaluar la remoción de contaminantes (antibióticos, hormonas, microorganismos patógenos, metales, entre otros), simulando infiltración como resultado de la recarga artificial del acuífero de Maneadero con aguas residuales tratadas del efluente de la planta

de El Naranjo de CESPE, para juntos diseñar una propuesta de recarga artificial que pueda ser expuesta a las autoridades gubernamentales competentes.

En las salidas de campo se observó una falta de información generalizada. Se hizo un levantamiento de encuestas por muestreo estratificado (costa, arroyo las Ánimas, arroyo San Carlos y tanque de distribución), ya que de la localización espacial, depende la calidad del agua de cada pozo. El estrato de tanque de distribución se propuso por considerar que la cercanía a este puede influir en el imaginario colectivo del aprovechamiento. El análisis de las encuestas arrojó que no existe una asociación entre la ubicación espacial de los pozos (calidad del agua) y la disposición para usar agua tratada para riego agrícola. La causa fundamental de la sobreexplotación es la desinformación y la falta de sentido de colectividad aunado a la poca o nula participación de los ejidatarios con la gestión del valle agrícola. Además, se identificó que otro de los hábitos que merman la calidad del agua subterránea es el manejo inadecuado de la salmuera residual producida por los sistemas de ósmosis inversa, la cual es vertida en caminos o en pozos abandonados. De manera excepcional hay quienes la venden a una empresa que produce salicornia en las parcelas cercanas a la costa. Se reconoce la falta de un proceso de educación ambiental dirigido a los pobladores del Ejido Sánchez Taboada, enfocado a los ejidatarios que cuentan con concesión para explotar el agua subterránea, para promover buenas prácticas de uso y reúso del agua.

Falta información del funcionamiento de un acuífero costero y de las implicaciones de que la calidad del agua subterránea esté disminuyendo. Es decir, existe información del acuífero, sin embargo; estos trabajos se publican en revistas científicas, que es literatura de nulo interés para los tomadores de decisiones y que no está al alcance de los usuarios principales, lo que resulta en un desconocimiento amplio de la problemática que enfrentan. Hay que aclarar que no se está en

contra de este tipo de publicaciones, más bien es un exhorto a la comunidad científica para que sea también facilitadora del conocimiento que genera.

Entendiendo la educación ambiental como un proceso en comunidad, donde se promueve el diálogo entre los involucrados y donde no se busca la panacea universal o recetas preestablecidas, se recomienda diseñar un programa de educación ambiental que promueva la participación de los usuarios principales y que permita que la información técnica que genera la academia llegue de una manera clara y concisa a los interesados (ejidatarios y gobierno), siendo la academia el punto de encuentro entre las partes involucradas.

Las investigaciones académicas y técnicas que se llevan a cabo son de gran importancia para la descripción del estado del acuífero. En éstas se detalla el avance de la intrusión salina a través del tiempo y/o se proponen modelos de la conformación hidrogeológica. Sin embargo, hacen falta investigaciones integrales que tengan como objetivo general comunicar el estado del acuífero a los usuarios, de forma clara y concisa.

Aunque las instituciones de investigación ubicadas en la localidad, UABC (IIO) y CICESE, llevan a cabo levantamientos de datos con cierta periodicidad, no son sistemáticos y no involucran activamente a los usuarios principales. Esta información es recabada para proyectos académicos específicos, pero no se ha desarrollado un proyecto global, financiado por la CESPE, para caracterizar el estado del acuífero (modelo geohidrológico, fuentes puntuales de contaminación, descripción de los flujos de agua subterránea, etc.) que, mediante un mejor entendimiento del comportamiento del acuífero, tenga como objetivo principal proponer estrategias ingeniosas para lograr el manejo integral del recurso hídrico. Además, otro de los principios fundamentales del manejo integral del recurso agua es que se facilite el conocimiento y la sensibilización a todos los niveles para crear óptimas condiciones para un enfoque participativo (Castillo, 2002). En

Maneadero urge un proyecto de educación ambiental con objetivos bien definidos para que en este proceso, se sensibilice, desde la academia, a los investigadores, a las autoridades correspondientes así como a los usuarios principales (agricultores). Por ejemplo, el programa de agua del estado de Guanajuato (PEHG, 2008) tiene como objetivo principal la implantación de una doble estrategia. Por un lado, desarrollar estudios hidrogeológicos básicos y modelos matemáticos de flujo y transporte de los acuíferos, basándose en una campaña exhaustiva de pozos existentes y en una revisión del marco geológico del Estado. Por otro lado, promover -con soporte financiero, técnico y político- una estructura de participación de los usuarios (COTAS) en las acciones de gestión, incluyendo desde la difusión de la información hasta la implantación de proyectos piloto para un uso eficiente del agua (Sandoval, 2004).

El principio del manejo integral del recurso agua al que responde esta investigación es el establecimiento de una plataforma común de conocimientos e información como una herramienta fundamental para la participación en los procesos de planificación (Bocco, 2000). En este sentido, el producto de esta investigación es un primer acercamiento a la integración de todas las variables socioecológicas y una propuesta para subsanar los huecos que se identifican. La planeación ambiental, es necesariamente un ejercicio de interdisciplinariedad que genera progresos metodológicos como consecuencia directa del aprendizaje mutuo entre los diferentes colaboradores. Hasta este trabajo, no existía una caracterización que concibiera todas las componentes de la gestión integral. En la figura 41, se esquematiza la función del SIG, como herramienta de comunicación para promover la gestión integral del recurso.

Presión	Estado	Respuesta
Educación Ambiental	Monitoreo	SIG
<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura convencional planificada - Urbanización planificada 	<ul style="list-style-type: none"> Recarga Descarga -Piezometría - SDT 	<ul style="list-style-type: none"> Sistematización de la Información Promueve los trabajos integrales Facilita la educación ambiental

Figura 40. Modelo de Presión-Estado-Respuesta donde el SIG tiene cabida como una respuesta que promueve la comunicación. Elaboración Propia.

En el análisis de la información del estado del capital natural, se observó que el monitoreo que se lleva a cabo en la estación No. 097 “Maneadero” no es sistemático. Algunos de los datos que fueron reportados como observaciones (datos crudos), son la media de los datos que sí fueron registrados. Se propone que a mediano plazo, se implemente el uso de datos de teledetección, como herramienta para la adquisición de datos climatológicos (temperatura, evapotranspiración, lámina de riego de productos agrícolas), ya que este tipo de herramientas, tienen una gran capacidad para realizar un seguimiento espacial y temporal de la superficie terrestre en forma rápida y semiautomatizada gracias al tratamiento digital de esta información. Entonces se hace evidente la necesidad de contar con un equipo multidisciplinario de especialistas y un diseño operacional relativamente simple para lograr el manejo integral del recurso.

Hay que notar que los avances que se han tenido en el manejo integral del agua, responden a intereses económicos; la única parcela donde se reusa el agua gris, según los resultados de las

encuestas, es en la que es rentada por una agroindustria para eficientar sus procesos, el proyecto piloto de regar con agua tratada en la floricultura, se lleva a cabo por la empresa Sistema Producto Flor, en colaboración con CESPE ya que, según se nos comentó en una entrevista, el agua tratada es un recurso que no se está agotando. Entonces el interés de mayor ganancia económica, parece ser uno de los temas comunes, entre los usuarios del agua. Así, este tema debe ser considerado y desarrollado en el proceso de Educación Ambiental ya que como principio básico de la gestión integral del recurso también es necesario identificar los temas comunes y evaluar la necesidad y los beneficios de la gestión integral del recurso hídrico (Leendertse et al., 2008).

Aunque no se debe dejar de lado que la tradicional consideración del agua como un bien común, ha provocado una deficiente gestión de los recursos hídricos, aunado a la ganancia económica de corto plazo que representa la exportación de hortalizas a EUA y que limita la aceptación del uso de agua tratada en la agricultura y que por su parte, el interés de las autoridades municipales correspondientes se centra en el abastecimiento de agua potable para la zona urbana, que demanda cada vez mayores volúmenes.

Las actividades agrícolas se deben planear en función de un balance hidrológico anual que anteponga los requerimientos del ecosistema y agua potable para consumo humano. Se debe preferir el reuso para fines agrícolas, de tal forma que exista un abasto garantizado para esta actividad productiva. Mientras se antepongan intereses económicos de corto plazo en lugar de lograr el equilibrio de la recarga y descarga del acuífero, no se puede garantizar la salud del ecosistema, que a su vez asegura el bienestar social y la estabilidad económica de la actual y futuras generaciones.

10. Conclusiones

- No se logró que la caracterización de la presión fuera concluyente, ya que no se cuenta con bases de datos completas ni fidedignas del volumen de extracción anual que se reporta a la CONAGUA y, en el caso de la producción agrícola, no se cuenta con bases de datos espaciales por parte de SAGARPA. Se propone que la CESPE, asesorada por la UABC, asuma el compromiso del monitoreo de la presión socioeconómica.
- No existen datos concluyentes del balance hidrológico que presenta el acuífero anualmente. Se propone que el SIG, en el mediano plazo, promueva el monitoreo de las variables climatológicas, mediante el análisis de imágenes satelitales.
- Esta primera etapa del SIG permite visualizar los huecos de información en los que hay que enfocar los esfuerzos ya que es una herramienta para sistematizar la información.

11. Recomendaciones

A corto plazo se recomienda que (1) el SIG esté disponible en línea (*webSIG*), (2) diseñar un programa de educación ambiental enfocado a los usuarios principales donde se promueva el *webSIG* como herramienta de comunicación, (3) la evaluación del SIG como herramienta de comunicación (4) agregar la base de datos de los análisis químicos de la calidad del agua tratada en la planta El Naranjo y Maneadero, (5) añadir una prospección del crecimiento poblacional en Maneadero y Ensenada.

Promover el riego con agua residual tratada de floricultura, árboles frutales y forraje, mediante el acuerdo del precio del agua residual tratada y una estrategia para cambiar el volumen concesionado de agua subterránea por una concesión de agua residual tratada.

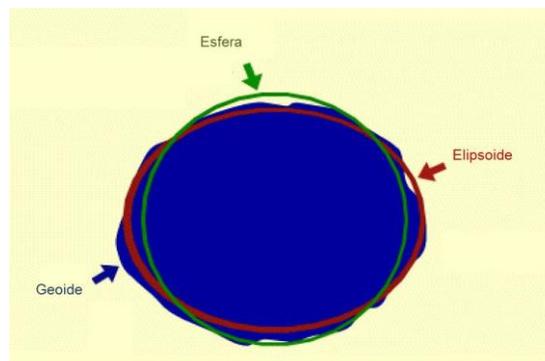
Se recomienda que desde la academia se diseñen talleres informativos donde se sensibilice del valor ecológico del recurso hídrico, así como talleres participativos donde se analice la rentabilidad de seguir produciendo hortalizas que requieran un mayor uso consuntivo o preferir la producción de productos que puedan ser regados con agua tratada con tratamiento secundario.

12. GLOSARIO

Acuífero. Formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Buffer. En un Sistema de Información Geográfica, polígono que encierra en área de influencia resultante de dar una determinada distancia en torno a un punto, línea o polígono.

Datum. Dado que la Tierra no es un cuerpo regular ha sido necesario crear modelos matemáticos que representen de forma fiel la superficie de la Tierra. El primer paso es aproximar la superficie de la Tierra con elipsoides (tantos como sea necesario según cada región).



Ya aproximada la forma de la Tierra con un elipsoide, se crea otro modelo matemático que permita representar un punto concreto en un mapa con sus valores de coordenadas. A este modelo matemático se le llama *datum*. El datum es el punto de referencia para la medición de coordenadas, y es donde el elipsoide de referencia y el geoide son tangentes.



Estiaje. Es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía.

Manejo Holístico. Se refiere a una práctica con manifestaciones concretas y prácticas. Para lograrlo se requieren como componentes básicos:

- a) Una gran sensibilidad e identificación de la gente a todo lo relacionado con su medio.
- b) El reconocimiento de la complejidad de la naturaleza y su sentido evolutivo.
- c) Una actividad humana en simbiosis con los procesos naturales, de manera que preserve su estabilidad (Medellín-Milán, 1999).

Nivel Estático. El nivel del agua en el pozo sin bombeo reciente. El nivel estático del acuífero se refiere al nivel medio del mar utilizando para ello la cota de la superficie del terreno a la cual se le resta la profundidad del nivel estático, medida en el campo.

Resiliencia. Indica la capacidad de los ecosistemas de absorber perturbaciones sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado.

Recarga Artificial con Agua Tratadas. Conjunto de técnicas hidrogeológicas aplicadas para introducir agua tratada a un acuífero.

Servicios Ambientales. Se dice que son beneficios intangibles (aquellos que sabemos existen, pero cuya cuantificación y valoración resultan complicadas) ya que, a diferencia de los bienes o productos ambientales, como es el caso de la madera, los frutos y las plantas medicinales de los cuales nos beneficiamos directamente, los servicios ambientales no se “utilizan” o “aprovechan” de manera directa, sin embargo nos otorgan beneficios, como tener un buen clima, aire limpio, o simplemente un paisaje bello (Conafor, 2010).

Sólidos Disueltos Totales (SDT). Es la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Esta relacionada con la Conductividad Eléctrica mediante la fórmula $TDS = C.E. (mmhos/cm) \times 700 ; ppm (mg/L)$.

Sostenibilidad. El concepto de desarrollo sostenible, perdurable o sustentable se refiere a la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes asegurando la conservación de los recursos para las poblaciones futuras para atender sus propias necesidades. Este concepto se puede desglosar, conceptualmente, en tres partes: social, económica y ambiental; por lo tanto, para que el desarrollo sustentable sea tal, sus tres componentes deben cumplirse, es decir, el bienestar social, el beneficio económico y la conservación del ambiente natural.

Teoría Económica Estándar. Sistema económico que ha predominado en el mundo desde la revolución industrial; la demanda controla la oferta.

13. Bibliografía

- Barkin, D. (2006). *La Gestión del Agua Urbana en México*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.
- Bautista-Zúñiga, F. (2011). *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturaleza*. México: 2a Edición, Instituto de Geografía, UNAM.
- Bertrán Gómez, L. (1991). *Estudio de Actualización Piezométrica y Geoquímica del Valle de Maneadero, Municipio de Ensenada, B.C.* Gerencia Estatal en Baja California, Coordinación Técnica de Hidrología Subterránea, Control y Operación de Acuíferos. Ensenada: CONAGUA.
- Bocco, G. (2000). El desarrollo de sistemas de información geográfica en la frontera norte de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, Núm. 42, pp. 40-47.
- Castillo, A. (2002). <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx>. Recuperado el 27 de Abril de 2011, de la Revista *Decisio*. Saberes para la acción en la educación de adultos: http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/servicios/hemeroteca/decisio/d3/alicia_c.htm
- CESPE. (2011) *CESPE GobBC*. Recuperado el 12 de Mayo de 2011, de <http://www.cespe.gob.mx/?id=antecedentes>: www.cespe.gob.mx
- Chenoweth, J. B. (Summer 2003). GMI Theme Issue: The Business of Water and Sustainable Development. *GMI* 42.
- Chile, F. (2009). *Observatorio de Cuencas*. Recuperado el 22 de mayo de 2010, de Programa Medio Ambiente: <http://www.observatoriocuencas.cl>
- Chirino, E., Abad J., Bellot J. (Enero de 2008). Uso de indicadores de Presión-Estado-Respuesta en el diagnóstico de la comarca de la Marina Baixa, SE, España. (<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=530>) *Ecosistemas*, 17 (1), 107-114.
- CICESE. (14 de Septiembre de 2001). *Buscan el manejo sustentable del acuífero de Maneadero, Ejemplar 46*. Recuperado el 09 de Mayo de 2011, de Todos@CICESE: <http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=breviario&ejemplar=129&id=197>
- CONAGUA. (2002). *Determinación de la disponibilidad del Agua en el Acuífero de Maneadero, Estado de Baja California*. Gerencia de Aguas Subterráneas. Subdirección General Técnica. Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica.
- CONAGUA. (2002). *Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Maneadero, B.C.* Ensenada, B.C.: DESARROLLO Y SISTEMAS, S. A.
- CONAGUA. (2011). *Foro Regional, Agenda 2030*. Mexicali.

- CONAGUA. (2005). Conservación del Agua Subterránea y su Uso en la Agricultura. Agua, *Acuíferos de México* (págs. 58-71). Mulegé, Baja California Sur: Fulvio Ecardi.
- CONAGUA. (2010). *Documento Base, Cultura del Agua en el Marco de la Agenda 2030*. Semarnat, México.
- COTAS. (2005). Reactivación y Actualización de la Red Piezométrica del Acuífero de Maneadero. Ensenada, Baja California, México: Ing. Carlos Manuel López Fernández.
- Daesslé L. W., Sánchez E. C., Camacho-Ibar V. F., Mendoza-Espinosa L. G., Carriquiry D. J., Macias V. A., Castro P. G. (2005). Geochemical evolution of groundwater in the Maneadero coastal aquifer during a dry year in Baja California, Mexico. *Hydrogeology Journal*(13), 584-595.
- Daesslé L. W., Ruiz-Montoya L., Tobschall H. J., Chandrajith R., Camacho-Ibar V. f., Mendoza-Espinosa L. G., Quintanilla-Montoya A. L., Lugo-Ibarra K. C. (2008). *Fluoride, Nitrate and water hardness in groundwater supplied to the rural communities of Ensenada County, Baja California, Mexico*. *Environ Geol*(DOI 10.1007/s00254-008-1512-9).
- Desarrollo y Sistemas, S.A. (Diciembre 2002). *Integración del Plan de Manejo para el Acuífero de Maneadero, B.C. Tomo 1. El Proceso de Planeación*. México: Comisión Nacional del Agua.
- ElVigía. (10 de Enero de 2011). www.inforural.com.mx. Recuperado el 30 de Junio de 2011, de http://www.inforural.com.mx/welcome.php?id_rubrique=198&id_article=68600
- Endter-Wada J., Blahna D., Krannich R., Brunson M. (1998). *A framework for Understanding Social Science Contributions to Ecosystem Management. Ecological Applications*, 8(3), 891-904. (<http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761%28199808%298%3A3%3C891%3AAFFUSS%3E2.0.CO%3B2-F>)
- Gaceta CICESE*. (s.f.). Recuperado el 2008 de Noviembre de 28, de <http://gaceta1.cicese.mx/ver.php?topico=breviario&ejemplar=139&id=197>
- García-Gastelum A., Ferman-Almada J. L., Arredondo-García M. C., Galindo-Bect L. A., Seingier G. (2005). *Modelo de Planeación ambiental de la zona costera a partir de indicadores ambientales*. *Sapiens*, 6(2), Caracas, Venezuela.
- Gómez-Baggethun, D. G. (16 (3): 4-14 de Septiembre de 2007). *Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía*. Recuperado el 26 de Abril de 2011, de www.revistaecosistemas.net: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=496>
- González Laxe, F. (1er Cuatrimestre de 2007). Los indicadores de sostenibilidad como herramienta de evaluación. *Ekonomia*, 64.
- Hernando, M. C. (2002). El Periodismo Científico, necesario en la sociedad actual. *BIBLID [1137-4462 (2002) , 8; 485-498]*, 485-498.
- Hiscock, K. (2005). *Hydrogeology. Principles and Practice*. Reino Unido: Blackwell Publishing.

- IMIP. (2009-2011). *Carta Urbana en Línea de la Ciudad de Ensenada*. (I. d. Ensenada, Editor) Recuperado el 26 de octubre de 2011, de <http://sigme.imipens.org>
- INEGI. (2010). Censo de Población 2010.
- INEGI. (Serie I). Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Aguas Superficiales . *Escala 1:250,000 Serie I, en formato digital*.
- IIO, UABC. (Número 1. Agosto 2009). Visitantes. Estancias Posdoctorales. *Ondas Internas*, 14.
- Jonch-Clausen, T. (2004). Integrated Water Resources Management (IWRM) and Water Efficiency Plans by 2005. *Global Water Partnership*, 34.
- Gill J. A., (2007). *Sostenible-No Sostenible*. Barcelona: UPC.
- Leendertse K., S. Mitchell, and J. Harlin, "IWRM and the environment : A view on their interaction and examples where IWRM led to better environmental management in developing countries" *WaterSA*, vol. 34, 2008, pp. 691-699.
- López Fernández, C. M. (2009). *Reactivación y Actulización de la Red de Monitoreo Pizométrica del Acuífero de Maneadero, Municipio de Ensenada B.C*. Técnico, Comité Técnico de Aguas Subterráneas de Maneadero A.C., Ensenada.
- Lugo K. N. (2010). No descargarán en arroyo San carlos aguas tratadas. *El Mexicano, Gran Diario Regional, Local 16/A*(Jueves 20 de Mayo de 2010).
- Manjarrez- Masuda E. O. , *Actualización y evolución histórica del avance de la intrusión salina, la contaminación por nitratos y flúor en el acuífero costero de Maneadero, Baja California, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guanajuato, México, 2011.
- Medellín-Azuara J., Howitt R. E., Waller-Barrera C., Mendoza-Espinoza L. G., Lund J. R. , Taylor J. E. (2009) *A calibrated agricultural water demand model for three regions in northen Baja California*. *Agrociencia*, 16 de febrero – 31 de marzo.
- Medellín-Milán, P. (Jueves 07 de Octubre de 1999). Agricultura Sostenible. Publicado en Pulso, Diario de San Luis, Sección Ideas, Pág. 4a, URL: <http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP991007.pdf>, San Luis Potosí, Mexico.
- Mendoza-Espinosa L. G. (Julio-Septiembre de 2001). Reúso del Agua en Ensenada ¿Sueno o Realidad? *Divulgare*, 9(35), 35-44.
- Mendoza-Espinosa L. G. (2002). *Uso Sustentable del Acuífero de maneadero, Reuso de Aguas Residuales Tratadas*. Ensenada Baja California: California Projects.
- Mendoza-Espinosa L. G., (2004). *Construcción de un Laboratorio Diagnóstico de la Calidad del Agua*. Ensenada, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

- Millenium, E. (2003). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. *Borrado hasta el 30 de Marzo*, (pág. Informe de Síntesis). www.millenumassessment.org.
- Muñoz, T. (2006). *Propuesta de Programa de Educación Ambiental para promover la Cultura del Agua en la Población del Valle de Maneadero, Ensenada, B.C.* Ensenada, Baja California: Tesis para el Grado de Maestro en Ciencias.
- Naredo, J. M. (2004). La economía en evolución: invento y configuración de la economía en los siglos XVIII y XIX y sus consecuencias actuales. *Manuscripts*, (22) 83-117.
- NOM-014-CONAGUA. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la Recarga Artificial de Acuíferos con Agua Residual Tratada*. México: CONAGUA.
- Owen, O. (2000). *Conservación de Recursos Naturales*. México (Traducido del libro Natural Resource Conservation An Ecological Approach: Pax México).
- Peinado-Lorca M. y Delgadillo Rodríguez J. (1990) Introducción al conocimiento fito-topográfico de Baja California (México) *Stvidia Botanica* 9:25-39.
- PIAE (2007, 2008) Programa Integral del Agua de Ensenada, Baja California, México. Gobierno Municipal.
- PEH (2007), Programa Estatal Hidráulico 2003-2007, Baja California, México
- PEHG (2008) Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2012
- Pérez Flores, M. A., Suárez-Vidal F., Gallardo-Delgado L. A., González-Fernández A., Vázquez R. (2004). *Structural Pattern of the todos Santos Coastal Plain, based on Geophysical Data*. *Ciencias Marinas*, 30(002), 349-364.
- Rámirez-Acosta R. J. y Mendoza-Espinosa L. G. (2005). *Economía del Agua en Baja California: Reúso de aguas residuales tratadas bajo mecanismos de mercado*. Mexicali, Baja California: UABC.
- Red Calidad de Vida. (2010). Problemas Identificados en el Foro del Agua 2010. *Problemas Identificados Red Calidad de Vida*. Ensenada B.C.
- Rivera-Velázquez, J. E., Cortez-Lara A. A., Montalvo-Romero M. T., Villafuerte-Valdés L. F., Bonilla-Hernández N. M. (2010). *"Gobernanza Ambiental para el Manejo Sustentable de Recursos: La experiencia de Canadá en México"*. México: El Colegio de Veracruz.
- Sandoval R. (2004) A participatory approach to integrated aquifer management: The case of Guanajuato State, Mexico. *Hidrogeology Journal* 12:6-13
- SARH. (1978). *Estudio de Factibilidad Hidrológica en San Quintín y Maneadero*. Ensenada, Baja California: Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Secretaria de Protección al Ambiente. Recuperado el 28 de Noviembre de 2009, de http://www.bajacalifornia.gob.mx/spa/problematika/region_tijuanapuntab.html

- SEGOB. (2009). *Segundo Informe de Ejecución del Plan de Desarrollo 2007-2012*. México: Eje 4, Sustentabilidad Ambiental.
- Serrano Ortiz, J. (2011). *Determinación de la geometría 2D y 3D del acuífero del sur del valle de Maneadero, mediante mediciones de resistividad*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
- SRH (Secretaría de Recursos Hidráulicos). (1974). *Informe Final del Estudio Geohidrológico del Valle de Maneadero, Baja California*. Diciembre. Ensenada: Técnicas Modernas de Ingeniería, S. A.
- Teorema Ambiental. (11 de Agosto de 2011). Proponen al Senado reformas a la Ley Nacional de Aguas. *Revista Técnico Ambiental*.
- UABC. (2005). Uso Sustentable del Acuífero de Maneadero. Responsable: Mendoza-Espinosa L. G., *Proyectos del Estado de Baja California* (págs. 9-14). Ensenada, Baja California.

14. Anexos

Anexo I

Intrumento tipo encuesta

Universidad Autónoma de Baja California
 Facultad de Ciencias, Instituto de Investigaciones Oceanológicas
 Maestría en Ciencias de Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas
 Proyecto Sistema de Información Geográfico de Maneadero, B. C. México

IDENTIFICACIÓN			
1. Nombre: <small>Nombre de Pila</small>	2. Género	3. Edad:	4. Ejidatario <input type="checkbox"/>
_____	H M	_____	Avecindado <input type="checkbox"/>
			Arrendatario <input type="checkbox"/>
5. Identificación de su parcela: <small>Número de parcela o Nombre del Rancho</small>			

6. Superficie: <small>Número aproximado de Hectáreas</small>			

7. Producto(s) que ha sembrado:			

8. Tipo de Producción:	P-V	O-I	Perenes Invernaderos
9. Tipo de Riego:	GOTEO	ASPERSIÓN	RODADO OTRO
10. ¿Desde cuándo trabaja ésta parcela?			

USO DEL AGUA			
11. ¿De dónde proviene el agua que usa? NORIA POZO PIPA OTRO _____			
12. ¿Para qué actividades ocupa el agua? _____			

13. ¿Reutiliza el agua en algunas de sus actividades? _____			

14. ¿Cuáles son los principales problemas que detecta en relación con el uso del agua? _____			

15. ¿Ha pensado en la posibilidad de usar agua tratada? _____			
16. ¿Por qué? _____			

17. ¿En qué actividad podría usar agua tratada? _____			

18. ¿Confía en la calidad del agua tratada? _____			

19. ¿Cómo se da cuenta de la calidad del agua? _____			

20. Si conociera la calidad que tiene ¿La usaría? _____			

P-V= Primavera-Verano O-I= Otoño-Invierno

No _____

Encuesta



Universidad Autónoma de Baja California, UABC

Facultad de Ciencias, FC – Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO

Maestrías en Ciencias de Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, MEZA

	AÑO

SOY ESTUDIANTE DE LA UABC-FC Y ESTOY REALIZANDO UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN SOBRE LOS USOS DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DEL VALLE DE MANEADERO; ESTA INFORMACIÓN ES CONFIDENCIAL Y SÓLO SE UTILIZARÁ DE MANERA AGRUPADA. LE AGRADEZCO DE ANTEMANO EL TIEMPO QUE DEDIQUE A CONTESTAR ESTE CUESTIONARIO.

C.

I. DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO

NOMBRE _____

1.1. RANGO DE EDAD							1.2. GÉNERO		1.3 ESTADO CIVIL			1.4 # DE HIJOS	1.5. ULTIMO GRADO DE ESTUDIOS	
<35	a)35-40	b)41-46	c)47-52	d)53-58	e)59-64	f)65-70	g)70+	a)F	b)M	a)S	b)C	c)UL		

4.6 LUGAR DE NACIMIENTO	4.7 PERMANENCIA EN MANEADERO (AÑOS)	3.8 OCUPACIÓN 1, OCUPACIÓN 2

1. FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PARCELA

1.1 NOMBRE DE PARCELA		1.2 NUMERO DE PARCELA		1.3 USO(S) DE LA PARCELA	
1.4 SUPERFICIE (HECTÁREAS)			1.5 ANTIGÜEDAD COMO TIERRA DE CULTIVO		
1.6 MARQUE LOS PRODUCTOS(S) QUE SIEMBRA Y ESPECIFIQUE SI EXPORTA					
	EXPORTA			EXPORTA	
	SI	NO		SI	NO
AGUACATE			CRISANTEMOS		OLIVO
ALBAHACA			EJOTE		ORÉGANO
ALCACHOFA			ESPÁRRAGO		PASTO
ALFALFA			ESPECIAS		PEPINO
APIO			ESPINACA		PEPINO PERSA
ARBOLES FRUTALES			FORRAJE		PEREJIL
BETABEL			FLORICULTURA		RÁBANO
BRÓCOLI			FRIJOL		REPOLLO
CALABAZA			GIRASOL		ROMERO
CEBADA			HABAS		SALICORNIA
CEBOLLA			HIERBABUENA		SANDÍA
CEBOLLÍN			HIERBAS FINAS		TOMATE
CILANTRO			LECHUGA		UVA
CHÍCHARO			MAIZ		ZANAHORIA
CHILE			MENTA		
CLAVELES			NOPALES		

1.5 TIPO DE PRODUCCIÓN	A)P.V		1.6 TIPO DE RIEGO	A) GOTEO	
	B)O-I			B) ASPERSIÓN	
	C)PERENES			C) RODADO	
	D)INVERNADERO			D) OTRO	



Universidad Autónoma de Baja California, UABC

	AÑO

Facultad de Ciencias, FC – Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO

Maestrías en Ciencias de Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, MEZA

II. USO DEL AGUA

2.1 ¿DE DONDE PROVIENE EL AGUA QUE UTILIZA EN SU PARCELA?

a) NORIA	b) POZO	c) PIPA	d) OTRO
----------	---------	---------	---------

2.2 MENCIONE LAS ACTIVIDADES EN LAS QUE UTILIZA EL AGUA

a) RIEGO	b) USO DOMÉSTICO	c) SERVICIOS	d) OTRO
----------	------------------	--------------	---------

2.3 ¿REUTILIZA EL AGUA PARA LLEVAR A CABO ALGUNA DE SUS ACTIVIDADES? A) SIEMPRE B) POCAS VECES C) NUNCA

2.3.1 EN CASO DE RESPUESTA AFIRMATIVA, ESPECIFIQUE LOS CASOS EN QUE REUTILIZA EL AGUA Y QUE ACCIONES CONCRETAS REALIZA

2.4 COMO AGRICULTOR, CONFÍA EN EL AGUA TRATADA? A) SI B) NO C) NO SÉ

2.4 SUS VECINOS, CONFÍAN EN EL AGUA TRATADA? A) SI B) NO C) NO SÉ

2.4 ¿HA PENSADO EN LA POSIBILIDAD DE USAR AGUA TRATADA? A) SI B) NO C) PARA CIERTAS

2.4.1 EN CASO DE RESPUESTA AFIRMATIVA, ESPECIFIQUE CONCRETAMENTE PARA QUÉ UTILIZARÍA EL AGUA TRATADA

A) RIEGO DE CULTIVOS B) RIEGO DE FLORES C) USO DOMÉSTICO D) OTRO _____
 ESPECIFIQUE _____

2.4.2 MENCIONE LAS ACTIVIDADES EN LAS QUE NO UTILIZARÍA AGUA TRATADA Y POR QUÉ

ACTIVIDAD	RAZÓN

III. INFORMACIÓN ASOCIADA AL AGUA

3.1 PARA USTED QUÉ SIGNIFICAN LOS SIGUIENTES CONCEPTOS:

3.1.1 AGUA DULCE	
3.1.2 AGUA POTABLE	
3.1.3 AGUA TRATADA	
3.1.4 AGUA RESIDUAL	
3.1.3 AGUA VIRTUAL	

3.2. ACTUALMENTE CUÁL ES LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA MANEADERO _____

3.3. CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIAS

	CIERTO	FALSO	NO SÉ
3.3.1 EL POZO DE MI PARCELA CADA DÍA TIENE MENOS AGUA			
3.3.2 EL ACUÍFERO DE MANEADERO ESTÁ SOBRE EXPLOTADO			
3.3.3 NO HE REGADO MIS CULTIVOS CON AGUA TRATADA			
3.3.3 EXPERIMENTÉ EL RECHAZO DE MIS PRODUCTOS AGRÍCOLAS POR AUTORIDADES NORTEAMERICANAS POR USAR AGUA TRATADA.			



Universidad Autónoma de Baja California, UABC

	AÑO
--	-----

Facultad de Ciencias, FC – Instituto de Investigaciones Oceanológicas, IIO

Maestrías en Ciencias de Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, MEZA

	CIERTO	FALSO	NO SÉ
3.3.4 HE REGADO MIS CULTIVOS CON AGUA TRATADA Y NO HE EXPERIMENTADO RECHAZO DE MIS PRODUCTOS POR AUTORIDADES NORTEAMERICANAS			
3.3.5 NO USARÍA AGUA TRATADA PARA REGAR MIS CULTIVOS.			

IV. CULTIVOS Y AGROQUÍMICOS

4.1 EL CULTIVO EN SU PARCELA ES:

A) ORGÁNICO B) CONVENCIONAL C) UNA COMBINACIÓN DE AMBOS

4.2 MENCIONE 5 PESTICIDAS QUE USA REGULARMENTE

PESTICIDA	FORMA DE APLICACIÓN			
	RIEGO	ASPERSIÓN	APLICADOR C/BOMBA	OTRO ESPECIFIQUE

4.4 ¿SE REQUIERE DE EQUIPO DE SEGURIDAD PARA UTILIZARLO? A) SI B) NO C) NO SÉ

4.5 ¿SE UTILIZA EQUIPO DE SEGURIDAD PARA MANEJAR EL AGROQUÍMICO? A) SIEMPRE B) A VECES C) NUNCA

4.6 ¿DÓNDE SE ALMACENAN LOS AGROQUÍMICOS?

4.7 ¿QUÉ HACE CON LOS ENVASES DE AGROQUÍMICOS VACÍOS?

4.8 ¿QUÉ PRODUCTOS, A PESAR DE SU ALTA EFECTIVIDAD, HAN SIDO RETIRADOS DEL MERCADO?

4.9 ¿CONOCE LA RAZÓN? A) SI B) NO

EN CASO DE RESPUESTA AFIRMATIVA, MENCIONE LA RAZÓN DEL RETIRO

V. INTERÉS SOBRE EL TEMA

5.1. ¿ESTARÍA INTERESADO EN SABER MÁS SOBRE ESTE TEMA? A) SI B) NO

5.1.1 SI LA RESPUESTA ES AFIRMATIVA, POR QUÉ MEDIO LE GUSTARÍA ENTERARSE:

TALLER		FOLLETO		CONFERENCIA		PAGINA WEB	
--------	--	---------	--	-------------	--	------------	--

5.2. ¿POR QUÉ MEDIO PODRÍAMOS COMUNICARNOS CON USTED? DÉJENOS UN CONTACTO.

TELÉFONO		CORREO ELECTRÓNICO		OTRO	
----------	--	--------------------	--	------	--

GRACIAS POR SU VALIOSO TIEMPO!

Anexo II

Procesamiento para la producción de los Insumos del SIG de Maneadero

Producto	Procesamiento
Delimitación del polígono del área de estudio	Selección de pozos localizados en el valle y parte baja de la cuenca+ buffer de 1750m para cada pozo + unión de todos los buffers en un único shape (dissolve).
Curvas de Nivel cada 100m	Modelos Digitales de Elevación (MDE, formato *.bil) a formato Raster (*.rst) + proyección a WGS84 UTM Zona 11 Norte + Concatenación (h11b11 – h11b24, MDE Escala 1:50,000) + extracción del contorno cada 100m (contour).
Trazo Parcelario	Digitalización del plano parcelario de COTAS + georreferenciación + definición de escala
Vialidades Principales	Digitalización en Google Earth (*.kml) a formato shape (líneas)
Zona Urbana	Digitalización desde el servidor del INEGI (WMS), URL del servicio http://gaia.inegi.org.mx/NLB/mdm5.wms + proyección a WGS84 UTM Zona 11 Norte
Arroyos	Digitalización desde el servidor del INEGI (WMS), URL del servicio http://gaia.inegi.org.mx/NLB/mdm5.wms + proyección a WGS84 UTM Zona 11 Norte
Tanque de distribución CESPE	Ubicación con el GPS en campo + proyección a WGS84 UTM Zona 11 Norte
Unidad Mínima Geográfica, UMG.	Para los pozos que se encuentran fuera del trazo parcelario, se definió un área de 20ha, que es el tamaño medio que presentan las parcelas.
Base de datos Censo 02-09	Proyección WG84 UTM Zona 11 Norte
Base de Datos Agrícola	Selección de columnas con información agrícola de la Base de datos Censo 02-09
SDT	Integración de los datos de los monitoreos desde 1974 a la fecha + homologación con la base de datos censo 02-09
Evolución de la superficie de STD a través del tiempo	Interpolación en MapINFO + formato de imagen + formato RASTER (.rst)
Resistividad a diferentes profundidades	Imagen 2D a diferentes profundidades (*.jpg) a formato raster

Perfil transversal de Resistividad (Ω)	Hipervínculo de imagen (*.jpg)
Pozos de la Red Piezométrica	Base de datos espacial + homologación con la base de datos censo 02-09
Puntos Control	Ubicación espacial desde la base de datos de la red piezométrica
Curvas de Igual Evolución	ArchivoCAD + transformación a formato shape
Curvas de Igual Elevación	
Curvas de Igual Profundidad	
Red Piezométrica	
Subcuencas	Conjunto de datos de hidrología superficial vectoriales + Reproyección WGS84 UTM Zona 11
% de Escurrimiento	Conjunto de datos de hidrología superficial vectoriales + Reproyección WGS84 UTM Zona 11+ Recorte con Área de Estudio
Fallas y fracturas	Conunto de datos geológicos vectoriales + Reproyección WGS84 UTM Zona 11 + Recorte con Área de Estudio
Geología	
Material consolidado (impermeable) y no consolidado (permeable)	Conjunto de datos de hidrología subterránea + Reproyección WGS84 UTM Zona 11+ Recorte con Área de Estudio
Zona de Veda	Conjunto de datos de hidrología superficial vectoriales + Reproyección WGS84 UTM Zona 11

Anexo III

Campos que componen la Base de Datos de la descripción de la obras de Extracción

Base de Datos Espacial 2002-09 (1/2)
FID (Número Consecutivo)
Shape (Punto)
X (Grados Decimales)
Y (Grados Decimales)
Fecha de Recolección 2009 (dd/mm/aaaa)
Folio de Aprovechamiento
Num de Obra 2002
Denominación 2009
Usuario 2002
Titular 2009
Ubicación 2002
Localidad 2009
Número de Título
Extracción Anual (m3)
Tipo de aprovechamiento 2002 (Pozo, Noria)
Tipo de aprovechamiento 2010 (Pozo Profundo, Noria)
Situación 2009 (Original, Reposición)
Equipado 2009 (Equipo=1, Sin Equipo=0)
Activo/ Inactivo 2002 (1/0)
En operación 2009 (1=activo, 0= inactivo)
Viable para el aprovechamiento 2009 (Viable=1, No viable=0)
Profundidad (m) 2002
Profundidad (m) 2009
Cuenta con Orificio para medir la profundidad (Orificio=1, Sin Orificio=0)
Diámetro del ademe reportado en el 2002 (m)
Diámetro del ademe reportado en el 2009 (m)
Diámetro de la Descarga (m) 2002
Diámetro de la Descarga (m) 2009
Altura del Brocal 2002
Medidor 2009
Lectura 2009
Numero de Medidor 2009
Registro del Medidor 2009
Abrevadero 2002 (Cierto=1, Falso =0)

Pecuario 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Agricola 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Base de Datos Espacial 2002-09 (2/2)
Agricola 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Agua Potable 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Comercial 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Doméstico 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Doméstico 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Granja Avícola (Cierto=1, Falso =0)
Industrial 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Industrial 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Público 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Público 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Servicios 2002 (Cierto=1, Falso =0)
Servicios 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Múltiple 2009 (Cierto=1, Falso =0)
Superficie de Riego (Ha)
Observaciones 2002
Observaciones 2009

Anexo IV

Base de Datos Instrumento Tipo Encuesta

ID
Ubicación de la Parcela
Superficie (ha)
Años de uso de la parcela
Tipo de aprovechamiento de agua
Uso de la Parcela
Exporta
Tipo de cultivo
Tipo de Riego
Ciclo agrícola
¿Reutiliza el agua en alguna de sus actividades?
¿En qué actividad reutiliza el agua?
¿Identifica algún problema en su aprovechamiento de agua?
¿Qué problema Identifica?
¿Usaría agua residual tratada?
¿En qué actividad?
¿Confía en la calidad del Agua Residual Tratada?
¿Cómo evalúa la calidad del agua?
¿Conoce la calidad del Agua Residual Tratada de la Planta el Naranjo?
¿La usaría?

Base de datos de la Encuesta

ID	¿En qué actividad reutiliza el agua?
Ubicación	¿Confía en la calidad del agua residual tratada?
Cargo	¿Sus vecinos confían en la calidad del agua residual tratada?
Edad	¿Usaría agua residual tratada?
Género	¿En qué actividad la usaría?
Estado Civil	¿Actividad en las que no la usaría?
Num de Hijos	¿Por qué?
Nivel de Estudios	¿Qué es agua dulce?
Lugar de Nacimiento	¿Qué es agua potable?
Permanencia en Maneadero	¿Qué es agua residual tratada?
Ocupación	¿Qué es agua residual?
Uso de la Parcela	¿Qué es agua virtual?
Superficie de la Parcela	¿Fuente de agua para Maneadero?
Antigüedad como tierra de Cultivo	El pozo de mi parcela cada día tiene menos agua
Tipo de Cultivo	El acuífero de Maneadero está sobre explotado
Num. de diferentes productos agrícolas que siembra	No he regado mis cultivos con agua tratada
Exporta sus productos	Me han rechazado mis cultivos las autoridades sanitarias de EUA
Ciclo Agrícola	Usaría agua residual tratada
Tipo de Riego	¿Para qué?
Fuente de agua	Tipo de agricultura que realiza
Uso del agua	¿Está interesado en recibir información sobre el acuífero de Maneadero?
Reutiliza el agua	¿Por qué medio?

HUN YUAN LING TONG