Valoración Hidrosocial

En la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno, BCS.; México

Luis F. Beltrán Morales

Saul Chávez López

Alfredo Ortega Rubio

EDITORES

VALORACIÓN HIDROSOCIAL EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL VIZCAÍNO, BCS. MÉXICO

VALORACIÓN HIDROSOCIAL EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DEL VIZCAÍNO, BCS. MÉXICO

Luis F. Beltrán Morales
Saúl Chávez López
Alfredo Ortega Rubio
Editores

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLOGICAS DEL NOROESTE, S.C.

México 2010

Primera Edición: Enero de 2010

D.R.© Publicación de divulgación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo N.195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, 23090.

El contenido de los capítulos es responsabilidad de los autores

La presentación y disposición en conjunto de **Valoración hidrosocial en la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, BCS.; México** son propiedad del editor. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o trasmitida, mediante ningún sistema o método electrónico, mecánico (incluyendo fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del editor.

Un agradecimiento especial a L.A.E. Tania Flores Azcárrega por su contribución para la integración de cada uno de los capítulos de este documento.

Responsables de Edición:
Luis F. Beltrán Morales
Saúl Chávez López
Alfredo Ortega Rubio
Tania Flores Azcárrega

Portada y Edición interior:
Gerardo Rafael Hernández García

HC140.E5 D48 2010
Valoración hidrosocial en la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, BCS.; México / editado por Luis Felipe Beltrán Morales, Saúl Chávez López y Alfredo Ortega Rubio. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. 2009.
227 p.: il. ; 23 cm.
1. Desarrollo Regional--México
I. Beltrán Morales, Luis Felipe, Saúl Chávez López y Alfredo Ortega Rubio.

Impreso en México
Printed in México

DIRECTORIO

Director General

Dr. Sergio Hernández Vázquez

Director de Planeación y Desarrollo Institucional

Dr. Aradit Castellanos Vera

Directora de Estudios de Posgrado Formación de Recursos Humanos

Dra. Elisa Serviere Zaragoza

Director de Gestión Institucional

Dr. Alfredo Ortega Rubio

Directora Administrativa

M. en C. María Elena Castro Núñez

Editores

LUIS F. BELTRAN MORALES. Doctor en Ciencias Ambientales por el Centro Europa-Latinoamérica de la Universidad de Concepción, Chile (EULA), Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Profesor de la Maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la UABCS y del Posgrado en Uso, Preservación y Manejo de Recursos Naturales del CIBNOR, S.C. Líneas de Investigación: Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Actualmente es Coordinador de Vinculación, Servicios y Transferencia de Investigación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR, S.C.). E-mail: lbeltran04@cibnor.mx

ALFREDO ORTEGA RUBIO. Doctor en Ciencias con especialidad en Ecología por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Investigador Titular E del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR, S.C. Ha sido galardonado con dos Premios Nacionales: Reconocimiento a la Conservación de la Naturaleza 2003, en la Categoría Académica y de Investigación. Reconocimiento del Gobierno de la República Mexicana específicamente por la trayectoria y calidad de sus trabajos de investigación en materia de Conservación de la Naturaleza Mexicana, incluyendo las Áreas Naturales Protegidas, las Regiones Prioritarias para la Conservación y sus zonas de influencia. Asimismo, ha sido galardonado con el Premio Nacional al Mérito Nacional Forestal y de la Vida Silvestre 1993, por la calidad de sus trabajos de investigación en vida silvestre. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III. Líneas de investigación: Ecología aplicada en la conservación, uso racional y manejo sustentable de recursos naturales renovables. E-mail: aortega@cibnor.mx

SAUL CHAVEZ LOPEZ. Doctor en Ciencias del Mar por la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor invitado en el programa de postgrado de Ciencias Marinas y Costeras de la Universidad Autónoma de Baja California Sur y en la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad de Colima. Colaboración en el Grupo de Impacto Ambiental del CIBNOR, S. C., de 1992 al 2009 en 36 estudios ambientales entre los que destacan el Plan de Manejo (1992) y el Ordenamiento Ecológico (2003) de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno B. C. S. Líneas de Investigación: hidrodinámica y modelado costero; Geología Estructural e Hidrología Subterránea. Actualmente Investigador Asociado en el Programa de Planeación y Conservación Ambiental del Centro de Investigaciones Biológicas Noroeste, S. C. E-mail: schavez04@cibnor.mx

Índice

Presentación
Sergio Hernández Vázquez | **1**

Introducción
Luis F. Beltrán Morales, Saúl Chávez López, Alfredo Ortega Rubio. | **3**

CAPÍTULO I
Geomorfología de las Cuencas Hidrográficas y Calidad de Agua de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, B. C. S.
Saúl Chávez López | **7**

CAPÍTULO II
Hidrología de la Reserva de la Biosfera de el Vizcaíno, B. C. S.
Saúl Chávez-López | **35**

CAPÍTULO III
Calidad de Agua en la Reserva de la biosfera de el Vizcaíno, B. C. S.
Saúl Chávez-López | **53**

CAPÍTULO IV
Organismo Regulador del Recurso Agua en la Reserva de la Biosfera del Vizcaino, B.C.S. México.
Luis F. Beltrán Morales, Magdalena Lagunas Vázquez, José Antonio Beltrán Morales, Tania Flores Azcárrega, Martín Martínez Salvador | **77**

CAPÍTULO V
Estructura Tarifaria del Recurso Agua en la Reserva de la Biosfera del Vizcaino, B.C.S. México
Luis F. Beltrán Morales, Marco A. Almendarez Hernández, Gerzaín Avilés Polanco, Lizbeth Salgado Beltrán, Enrique Troyo Diéguez | **99**

CAPÍTULO VI
Volumenes de Consumo de Agua por Localidad en la Reserva de la Biosfera del Vizcaino, B.C.S. México
Luis F. Beltrán Morales, José Borges Contreras, Magdalena Lagunas Vázquez, José Antonio Beltrán Morales, Felipe García Rodríguez | **113**

CAPÍTULO VII
Eficiencia Económica en el Contexto de la Provisión de Agua Bajo Precios Com-

petitivos y de Monopolio. Un Análisis Teórico para las Comunidades Costeras de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S. México
Marco A. Almendarez Hernández, Luis Armando Jaramillo-Mosqueira,
Luis Felipe Beltrán Morales, Gerzaín Avilés Polanco | **129**

CAPÍTULO VIII
Destilación solar de agua de mar: una alternativa de ecodesarrollo para la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S. México
Miguel A. Porta Gandara, Joaquín Gutierrez Jaguey | **153**

CAPÍTULO IX
Mercados de Derecho de Agua: Una opción de ecodesarrollo en la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno, B.C.S.
Fidel Cota Verdugo, Félix Alfredo Beltrán Morales, Tania Flores Azcárrega,
Luis F. Beltrán Morales, Alfredo Ortega Rubio | **173**

Conclusiones Generales
Luis F. Beltrán Morales, Saúl Chávez López, Alfredo Ortega Rubio. | **201**

Autores | **203**

Referencias | **207**

Presentación

Indudablemente a nivel planetario uno de los desafíos estratégicos de nuestra generación es la búsqueda de las soluciones óptimas que nos permitan un eficiente manejo del recurso natural agua. Las soluciones a los acuciantes problemas de manejo de los recursos hídricos, tienen que ver no solo con el uso propiamente del agua de una región, sino también con las acciones y decisiones que se toman en el uso de las tierras circundantes, a nivel de las cuencas.

Prácticamente toda la decisión de cambio de uso de suelo, de ordenamiento territorial y ecológico, y de desarrollo urbano, industrial o agropecuario, conllevan cambios que afectan tanto la cantidad como la calidad del agua superficial y subterránea. A su vez tales cambios repercuten en las potencialidades de utilización actual y futura que puede soportar una cuenca hidrológica, y sus recursos hidráulicos.

En este contexto, todo nuevo desarrollo, o cambio en decisiones de manejo altera en mayor o menor medida, la estructura y funcionalidad de los sistemas ecológicos circundantes y por ende en los procesos hidrológicos de los sistemas naturales, alterando los servicios ecológicos que prestan, tales como la captación de agua pluvial. Si a todo ello le aunamos el que toda decisión de cambio en patrones de uso de suelo, están a su vez determinadas por motivaciones de índole económica, las cuales a su vez dependen del entramado de condiciones sociales, tenemos entonces que un estudio de valoración hidrosocial es necesariamente un estudio interdisciplinario.

Precisamente la obra que tiene en estos momentos Usted en sus manos ha sido conceptualizada y desarrollada con un enfoque interdisciplinario, incluyendo en el análisis aproximaciones geomorfológicas, hidrológicas, jurídicas, sociales y económicas.

El resultado de este interdisciplinario esfuerzo ha redundado en el planteamiento estratégico de una Gestión Integral del recurso Agua, con prácticas recomendaciones tales como la implementación de instrumentos económicos, como la valoración, para solucionar los conflictos de administración del agua, precisamente en el Área Natural Protegida de mayor extensión y de mayor aridez de nuestro Estado de Baja California Sur y una de las más áridas y extensas de nuestra Republica Mexicana.

Por la importancia estratégica del tema Agua, por la importancia de esta Área Natural Protegida y por la aproximación interdisciplinaria con la que se ha desarrollado, esta obra indudablemente será de interés y utilidad tanto para aquellos que desean profundizar en el conocimiento de estas temáticas, como para aquellos que tienen en sus manos la toma de decisiones en esta Región.

Dr. Sergio Hernández Vázquez
Director General CIBNOR

Introducción

La Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, corresponde a una región árida con déficit de precipitaciones, por lo que el aprovechamiento de los recursos hidráulicos superficiales se limita a manantiales de gasto reducido. Según Barkin (2001), en el estado de Baja California Sur, la disponibilidad por habitante del recurso agua (*per capita)*, varía de 211 hasta 1,478 m^3/hab/año, mientras que en el sureste del país la disponibilidad varía desde 14,445 hasta 33,285 m^3/hab/año.

CNA (2002), refiere que del agua que se extrae del acuífero del Vizcaíno (302) el 93 %, es destinada para uso agrícola, el 6% para uso publico-urbano y el 1 % para uso pecuario y domestico, de igual forma refiere que la extracción de agua subterránea se encuentra en constante incremento para poder satisfacer los requerimientos básicos de dichas localidades, lo que ha llevado al acuífero a un estado de sobre explotación con un déficit de –1.69 Mm^3, aspecto que ha condicionado el desarrollo socioeconómico y por consiguiente un factor determinante para el nivel de bienestar para los habitantes de la región.

La escasa información de los aspectos geohidrológicos en la región de la Reserva ha llevado a formular conclusiones sesgadas en función déficit de precipitaciones y el constante incremento en la extracción de agua, aprovechadas con fines políticos, generando así desinformación y la percepción generalizada de salinización e intrusión salina en sus acuíferos.

Por lo anterior es importante contar con la planeación adecuada en cuanto al uso y disponibilidad del recurso agua, mediante un padrón espacio-temporal, del total de las obras hidráulicas (pozos, norias) que permita dar seguimiento y observar el comportamiento geohidrológico y sanidad de los acuíferos a través del tiempo, mediante estudios integrales que tomen en cuenta todos y cada uno de los aspectos que tengan una repercusión directa hacia el manejo del recurso, como características del medio físico, aspectos legales, económicos, técnicos y administrativos, entre otros.

El presente trabajo tiene como fin el análisis integral, partiendo del contexto geohidrológico pata posteriormente analizar los principales aspectos del recurso agua en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, sus tipos de uso, el cobro que se hace por el servicio, los principales aspectos legales y administrativos, y como un aspecto primordial las cantidades de consumo del agua, conocer que tipo de uso es el que ejerce mayor presión sobre éste. Este análisis integral servirá para contribuir a enriquecer los planes y programas hídricos que se están realizando, encaminados a aprovechar el mejor uso posible que se le pueda dar a estos recursos, con el fin de minimizar al máximo el actual estado de presión que se ejerce sobre éste.

1.-Objetivo General

El objetivo de este trabajo es aportar elementos de análisis que sirvan para la planeación de los recursos hídricos de la región, particularmente para la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, municipio de Mulegé. Este estudio tiene por objeto caracterizar el medio físico y realizar un análisis comparativo de los volúmenes de agua que se utilizan en la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, conocer en que y para que se utiliza el agua, cual es el uso principal que se le da al recurso, ya que derivado de este uso, se pueden establecer políticas que lleven al máximo ahorro del vital líquido, asimismo se tomara en cuenta algunos aspectos jurídicos, administrativos y financieros que tienen relación directa con el recurso. Para realizar este estudio se contó con la información proporcionada por las instituciones que son las encargadas de administrar y dotar el recurso en el estado en los tres niveles de gobierno, en el caso del gobierno federal, la Comisión Nacional del Agua (CNA), en el ámbito estatal, la Comisión Estatal del Agua (CEAPA), y en el área Municipal, el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé (SAPA).

Se realiza un análisis de los volúmenes de consumo de agua de las localidades más representativas de La Reserva de La Biosfera El Vizcaíno: Santa Rosalía, San Ignacio, Villa Alberto Alvarado (Vizcaíno), Guerrero Negro, Bahía Tortugas y Bahía Asunción, ubicadas en el municipio de Mulegé. Comparando estos volúmenes de consumo de las diferentes localidades, con las diversas actividades económicas preponderantes que se desarrollan en cada una de ellas.

1.1 Objetivos Específicos

- Describir el marco geohidrológico de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, regiones y subregiones.
- Realizar un análisis institucional y administrativo del SAPA, para conocer como es la estructura orgánica del servicio de agua potable en la Reserva de La Biosfera El Vizcaíno, Municipio de Mulegé.
- Realizar un análisis de la estructura tarifaría del servicio del agua potable en sus diferentes tipos de uso, doméstico, comercial e industrial (estimación del precio de venta por m^3).
- Realizar un análisis del crecimiento del número de usuarios del SAPA en la en la Reserva de La Biosfera El Vizcaíno, de acuerdo al tipo de uso, doméstico, comercial e industrial.
- Realizar un estudio comparativo de los volúmenes de consumo del agua, de acuerdo a las diferentes localidades que atiende el Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado dentro de la Reserva.
- Realizar recomendaciones al Organismo operador de Agua en el Municipio de Mulegé, B.C.S.

2.- Área de Estudio

La Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, se encuentra en el municipio Mulegé, ubicado al norte del estado de Baja California Sur. La Reserva ocupa 2, 546,790.25 ha, que corresponden al 76.96% del municipio (3, 309,220 ha), que a su vez representa el 34.56% del total del estado (SEMARNAP, 2000).

La población total de la Reserva se estima en 35, 000 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del orden del 3.5% para el periodo de 1970 a 1990. La densidad poblacional en la reserva se calcula en poco menos de un habitante por kilómetro cuadrado (0.7 hab/ km^2), siendo una de las más bajas de México (SEMARNAP, 2000).

La Reserva limita al norte con el paralelo 28 que divide los estados de Baja California Sur y Baja California; por la costa occidental el Océano Pacífico, desde la Laguna Guerrero Negro, hasta el remate del estero El Dátil, por la costa oriental desde el paralelo 28 hasta Santa Rosalía; al sureste la frontera es irregular y va de este a oeste por la carretera transpeninsular y luego pasa por la Laguna de San Ignacio y la barra San Juan. De las 2, 546,790.25 ha, de la Reserva 2, 183,351.37 ha son de zona de amortiguamiento y 363,438.87 ha se encuentran como zona núcleo e incluyen 5 Km de franja costera en ambas costas (Fig. 1).

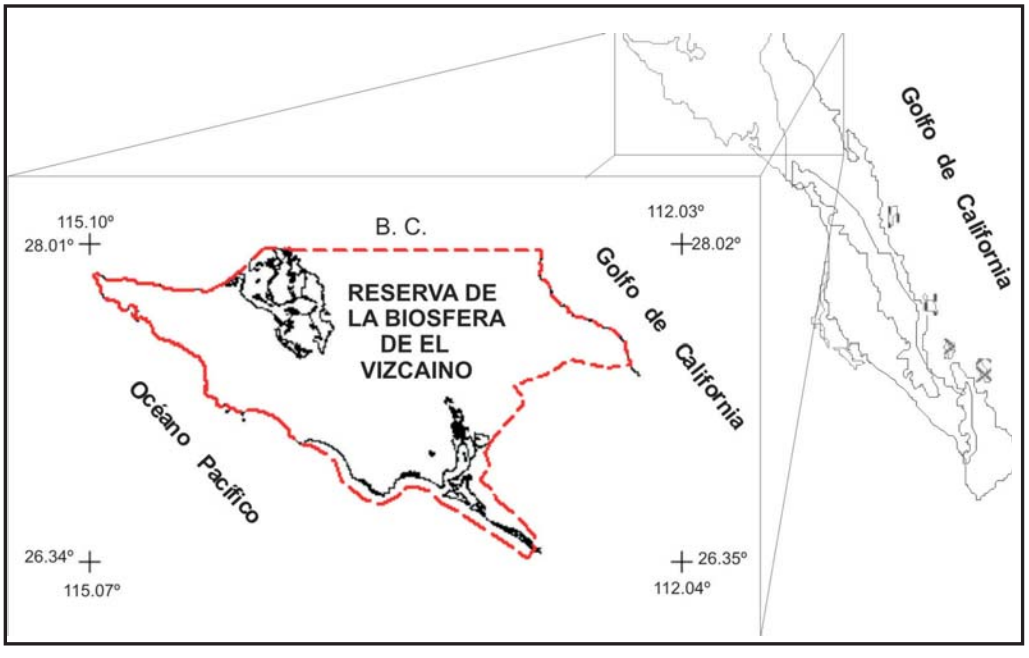


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera de el Vizcaíno.

Las fuentes de información disponibles consistieron en Programa de Manejo de la Reserva de la biosfera del Vizcaíno, tesis de licenciatura, cartografía de INEGI y del Servicio Geológico Mexicano, (SGM), antes Consejo de Recursos Minerales, (CRM), artículos especializados,

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y de la Comisión Federal de electricidad (CFE).

Para realizar el análisis institucional y administrativo del recurso agua en Baja California Sur, se recurrió a las instituciones oficiales de los tres niveles de gobierno para obtener la información correspondiente, estas instituciones son la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Estatal del Agua y el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado. De la misma manera, se consultaron estudios, planes y programas institucionales, y se obtuvo información estadística principalmente del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Para realizar el análisis de la estructura tarifaría del servicio de agua potable en la Reserva de La Biosfera El Vizcaíno, municipio de Mulegé, se recurrió al organismo oficial facultado para realizar este cobro, que es el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé, obteniéndose las tarifas que han sido aplicadas. Asimismo se consultó la legislación correspondiente, donde se regula la aplicación y monto de este cobro (Ley de Aguas del Estado de Baja California Sur y Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé).

De la misma manera para realizar el análisis del crecimiento de los usuarios que pertenecen al sistema, se recurrió al mismo organismo operador para consultar cual ha sido la evolución en el crecimiento del número de usuarios, para cada uno de los tipos de uso del recurso. Específicamente se consultó al Departamento de Lectura y Facturación. Para realizar el análisis de los volúmenes de consumo de agua en la Reserva de La Biosfera El Vizcaíno, se consulto también al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Mulegé, a través de su departamento de Lectura y Facturación, ya que ellos realizan de manera constante recorridos por sus rutas de lectura midiendo el volumen de consumo de cada hogar, esto de acuerdo a ciertas áreas físicas ya establecidas que dividen las localidades del municipio en secciones independientes, estas áreas son conocidas con el nombre de sistemas. Finalmente, se consulto la base de datos disponibles del Área de Cómputo del sistema operador, ya que es en esta área es donde se concentra toda la información que es recabada por el departamento de Lectura y Facturación para su análisis y proceso. Una vez obtenida esta información se procedió al análisis de las localidades, con el fin de comparar los volúmenes de consumo correspondiente a las localidades más representativas en la Reserva de La Biosfera El Vizcaíno.

Luis F. Beltrán Morales, Saúl Chávez López y Alfredo Ortega Rubio.
Editores.
Centro de Investigaciones Biológicas
del Noroeste, S.C.

Capítulo I

Geomorfología y Geología de la Reserva de la Biosfera de el Vizcaíno, B. C. S.

Saúl Chávez-López[1]

I.1. Clima

La Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, así como el resto del estado y los estados que integran la mitad norte del país corresponde a una región árida con déficit de precipitaciones, en donde además la situación geográfica, fisiografía, y la influencia marítima que recibe hacia la costa del Pacífico con la corriente oceánica fría de California y hacia la costa oriental la influencia del Golfo de California, considerado como cuenca de evaporación, con aguas templadas, influyen en la distribución y variación climática (temperatura, precipitación y evaporación), generando diferencias climáticas locales, que según INEGI (1996), y de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García (1973), para la región de la Reserva es posible diferenciar tres tipos de clima que corresponden a:

1) Sierra de la Giganta (Sierras altas, Fig. 2), clima seco, templado con temperatura media anual entre 18º y 16º C, media mensual más alta en julio con 28.6º C y el mes mas frió en enero entre 12 a 18º C. Precipitación total anual menor a los 300 mm, la precipitación más alta se presenta en los meses de agosto y septiembre con medias mensuales próximos a los 50 mm, y mínimas registradas de abril a mayo con medias menores a 1 mm.

2) Clima muy seco semicalido, se presenta en la zona geomorfológica de bajada, y corresponde a la zona de transición entre las unidades geomorfológicas de sierras altas y la llanura del Vizcaíno, con temperatura media anual de 18º a 22º C, las temperaturas medias mensuales más elevadas se presentan en agosto y septiembre de 29º a 35º C, mientras que el mes más frió es enero, con media mensual entre 8 y 10º C. La precipitación total anual se

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.

encuentra entre los 100 y 200 mm, los meses de mayor precipitación son agosto y septiembre con promedio de 50 a 60 mm respectivamente y los de menor precipitación son abril, mayo y junio con apenas unas décimas de milímetros.

3) Clima muy seco muy calido, se presenta en la mayor parte de la llanura del Vizcaíno y en las franjas costeras del Pacifico y Golfo de California (Fig. 2). La temperatura media anual oscila entre 22 y 24º C, la media mensual más alta es de entre 27 a 30º C y se presenta en los meses de agosto y septiembre; el mes más frío es enero con 17º C. La precipitación media anual es de 110 mm, la más alta se presenta en los meses de agosto y septiembre con medias de 45 a 49 mm, y las mínimas se registran en abril, mayo y junio con medias inferiores a los 4 mm.

Según la CNA (2002), en la cuenca 302 Vizcaíno (Fig. 3 del Capitulo II), la temperatura mínima se presenta durante los meses de noviembre a enero de 0 a 2º C, y la máxima durante los meses de junio a agosto de 40 a 42º C. La misma fuente reporta datos de precipitación de estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca, para el periodo de 1958 a 1973, los cuales se muestran en la tabla 1, menciona que la precipitación media anual es de 97.21 mm, la media mensual de 8.12 mm y los meses de septiembre a diciembre como los de mayor precipitación con 20 mm. De igual forma señala que en las estaciones las Lagunas, Guadalupe y Vizcaíno ubicadas en la unidad geomorfológica de llanura, se registraron las menores precipitaciones, mientras que las restantes estaciones ubicadas en partes altas de la cuenca registraron mayor precipitación, siendo el de la estación Santa Gertrudis él más alto con 151 mm. En cuanto a la evaporación potencial se estima en 2000 mm/año, presentándose durante los meses de julio y agosto su valor máximo y durante diciembre y enero el mínimo.

Tabla 1. Datos de precipitación en las estaciones climatológicas en la cuenca del Vizcaíno para el periodo comprendido de 1958 a 1973 (CNA, 2002).

Estación	Superficie (km^2)	Precipitación (mm)	%	Precipitación ponderada
Bahía Tortugas	748.04	93.14	5.50	5.12
El Arco	1987.88	137.04	14.62	20.04
Las Lagunas	3731.10	56.04	27.45	15.33
El Tablón	1063.40	123.26	7.82	9.54
Guadalupe	682.47	84.97	5.02	4.27
Santa Gertrudis	1449.02	150.98	10.66	15.10
Punta Abreojos	437.178	104.53	3.22	3.37
Vizcaíno	3496.08	90.59	25.71	23.29
	13.595.97		100.00	97.21

Por su parte CFE (1991), en el informe de la exploración geotérmica de la zona de Las Tres Vírgenes (porción sureste de la Reserva, unidad geomorfológica de sierras altas), reporta datos de precipitación, de cuatro estaciones climatológicas que corresponden a: Santa Rosalía, San Ignacio, La Palma (actualmente fuera de servicio) y El Mezquital, con periodos de tiempo de: 1941-1970, 1959-1984, 1955-1967 y 1979-1986, respectivamente, para la estación Santa Rosalía CFE (1991), refiere otro periodo de datos de precipitación de 1960 a 1984, los cuales se resumen en la tabla 2.

La misma fuente refiere para la estación Santa Rosalía una disminución histórica de precipitación para los periodos de tiempo analizados con un 32%, sin embargo los meses con mayor probabilidad de lluvia y muy similares al resto de las estaciones de la tabla 2 se mantienen, en los meses de agosto, septiembre y los meses sin lluvia o muy escasa de abril a junio. De igual forma menciona que las variaciones en el régimen pluvial suelen ser muy altas de uno a otro año, ya que en los periodos de tiempo analizados para todas las estaciones se presentan años sin lluvia o con precipitaciones ínfimas, mientras que en otros años el promedio de precipitación supera el promedio de los periodos de tiempo analizados, como en el caso de la estación Santa Rosalía, que para 1970, 71 y 75 se reporta sin lluvia mientras que para 1967 y 1983 se reportan 370 mm y 200 mm de lluvia respectivamente; Para la estación San Ignacio en 1964, 65 y 70 no hubo precipitación mientras que en 1967, 78, 81 y 83 la precipitación supero los 200 mm. En la estación La Palma para el periodo analizado se registran lluvias pero se observan variaciones importantes con precipitaciones menores a 50 mm en los años de 1955 y 1966 y precipitaciones superiores a los 200mm en 1958, 59 y 62.

Tabla 2. Datos de precipitación en las estaciones climatológicas de la zona aledaña a Las Tres Vírgenes (CFE, 1991).

Estación		P. media mensual (mm)	P. media anual (mm)
Santa Rosalía	(1941-1970)	10.1	121
	(1960-1984)	6.8	81.8
San Ignacio	(1959-1984)	8.85	106.6
La Palma (fuera de servicio)	(1955-1967)	9.1	109.1
El Mezquital	(1979-1986)	6.1	73.1

De manera generalizada podemos referir que el clima en la región noreste del país se encuentra regido en gran medida por el sistema de alta presión semipermanente del Pacífico nororiental y la influencia de la celda de alta presión de las Bermudas-Azores, que proporcionan lluvia durante los meses invernales, así como los sistemas nubosos convectivos verticales que llegan

a precipitar grandes volúmenes de agua durante los meses de verano y otoño, llegando a convertirse en perturbaciones atmosféricas denominadas chubascos (INEGI, 1996).

La escasa precipitación en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno se refleja en la inexistencia de corrientes de agua superficiales, por lo que el agua del subsuelo adquiere más importancia debido a la creciente demanda en el sector urbano y agrícola y cuya creciente extracción hace necesario un mejor conocimiento de su distribución subterránea.

I.2. Fisiografía y geomorfología

La Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, se encuentra en la porción media de la estructura peninsular que Raisz (1964), denomina como Provincia Fisiográfica de Baja California, la cual se extiende aproximadamente 1300 km desde la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica hasta Cabo San Lucas, con orientación NW-SE, limitada al este por el Golfo de California y al oeste por el Océano Pacífico. En este marco regional, el área que abarca la Reserva se encuentra compuesta por los aspectos geomorfológicos de las Subprovincias Fisiográficas, a) Sierra de La Giganta, la cual Alvarez (1962), denomina como Provincia Sierras de Baja California y b) Desierto de San Sebastián Vizcaíno, también conocida como Tierras Bajas o Discontinuidad Desierto de San Sebastián Vizcaíno (INEGI, 1996; Raisz,1964), Por su parte Alvarez (1962), refiere esta unidad como parte de la provincia fisiográfica Llanura Costera de Baja California (Fig. 1).

La geomorfología y topografía de la subprovincia Sierra de La Giganta, se define como sierras altas, con elevaciones superiores a los 700 m (snmm), mientras que el Desierto de San Sebastián Vizcaíno se caracteriza por un relieve topográfico bajo que forma una extensa llanura, limitada al oriente por las bajadas de la Sierra de La Giganta y al occidente porción sur y norte, por las bajadas de la sierra de Santa Clara, y San José de Castro respectivamente, cuyo relieve se define como sierras bajas, con elevaciones menores a los 700 m (snmm).

De esta manera la región de la Reserva queda mejor representada por las unidades geomorfológicas que la integran, con sierras bajas en su porción occidental (Península de Vizcaíno), sierras altas en la oriental (Sierra de La Giganta) y llanura en la central (Desierto de EL Vizcaíno) (Fig. 2, 3). Las sierras presentan orientación de noroeste-sureste paralelas a la línea de costa, con pendientes de pronunciadas a moderadas, parteaguas agudos y semirredondeados. En general la red hidrográfica es de arroyos de régimen intermitente con un patrón de distribución en las sierras altas que drenan hacia las planicies del desierto del Vizcaíno y al Golfo de California y en las sierras bajas en dirección al Océano Pacífico y a la llanura del desierto del Vizcaíno, en donde las irregularidades topográficas corresponden a cordones de dunas estabilizadas (paleodunas) y activas, así como a la presencia de cerros aislados (inselbers), el drenaje proveniente de las sierras en su mayoría no se integra a ningún régimen y pierden continuidad y salida al mar.

Las unidades geomorfológicas anteriores se encuentran, compuestas a su vez por otras de menor escala, dentro de las cuales es de destacar la franja costera integrada por

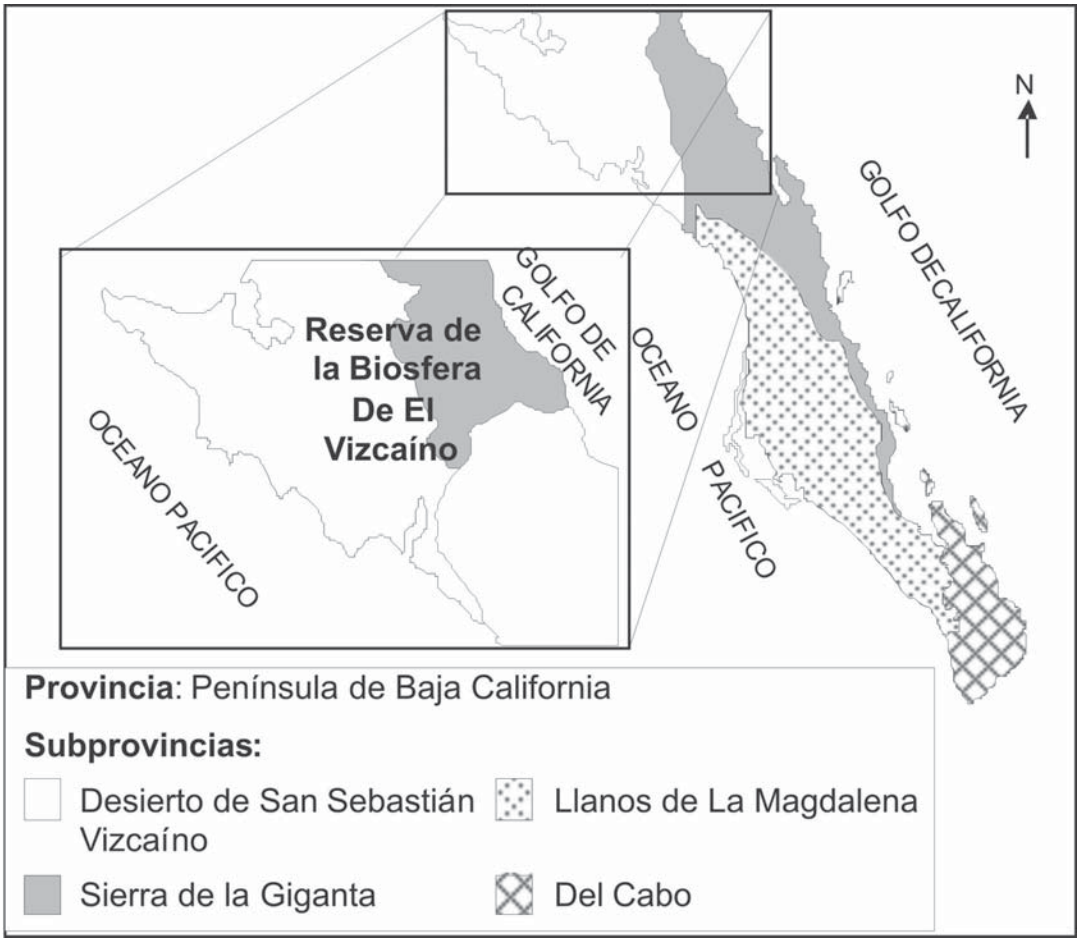


Figura 1. Provincia y subprovincias fisiográficas en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

costas depositacionales y erosivas, las primeras se presentan como continuidad de las llanuras con pendiente suave hacia el Océano Pacífico integrando un sistema de tierras bajas, en donde la acción conjunta de los agentes y procesos terrígenos y costeros han generado costas acumulativas y progradantes, integradas por playas arenosas y sistemas lagunares cuya amplitud varia del orden de decenas de metros a kilómetros, destacando por sus dimensiones San Ignacio y Ojo de Liebre en cuyas marismas se presenta precipitación de minerales evaporíticos.

Las costas erosivas se encuentran mejor representadas en la vertiente oriental de la sierra de la Giganta asociadas a las pendientes abruptas donde predominan rocas volcánicas y volcanoclástcas que limitan con el Golfo de California, así como en la vertiente occidental de la sierra de San José de Castro, que limita con el Océano Pacífico.

I.2.1. Unidades geomorfológicas

Los aspectos geomorfológicos conforman un paisaje contrastante que se representa en bloques diagramáticos (3D), que esquematizan el relieve y los principales rasgos geomorfológicos que caracteriza a la región de la Biosfera de El Vizcaíno, los cuales se describen como sigue:

1) Sierras, esta unidad comprende las sierras Altas y Bajas:

a) Sierras altas: Las forma una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas cenozoicas de la Formación Comondú (Mioceno Superior). Esta secuencia presenta fuertes variaciones horizontales y está constituida principalmente por aglomerados volcánicos, areniscas del tipo de las litarenitas y conglomerados, tobas pumicíticas, ignimbritas y basaltos; cubren de forma parcial y discordante a las secuencias sedimentarias marinas del Terciario, que afloran más ampliamente en las cuenca del Vizcaíno (Heim, 1922). El relieve volcánico es el más notable, y predominan los aparatos volcánicos tanto lávicos como piroclásticos. Mina (1957) consideró que la fuente de esta gran cantidad de rocas volcánicas debió haberse encontrado en un cinturón volcánico ubicado al este de la actual costa del Golfo de California.

En esta región los procesos de intemperismo y erosión han labrado mesetas cañones y picachos con laderas escarpadas. Es de hacer notar que la secuencia que constituye la Formación Comondú, muestra un acentuado levantamiento epeirogénetico y un buzamiento de sus secuencias inclinadas hacia el oeste, lo cual es claramente perceptible en las mesetas basálticas de San Francisco de la Sierra.

Entre estas geoformas destacan los edificios volcánicos de la zona de las Vírgenes con alturas superiores a los 1800 m. En las Figuras 4 y 5, se representa en tres dimensiones el relieve antes descrito de sierras altas, caracterizado por serranías abruptas con fuertes pendientes, que manifiestan un desarrollo geomorfológico joven para un clima árido.

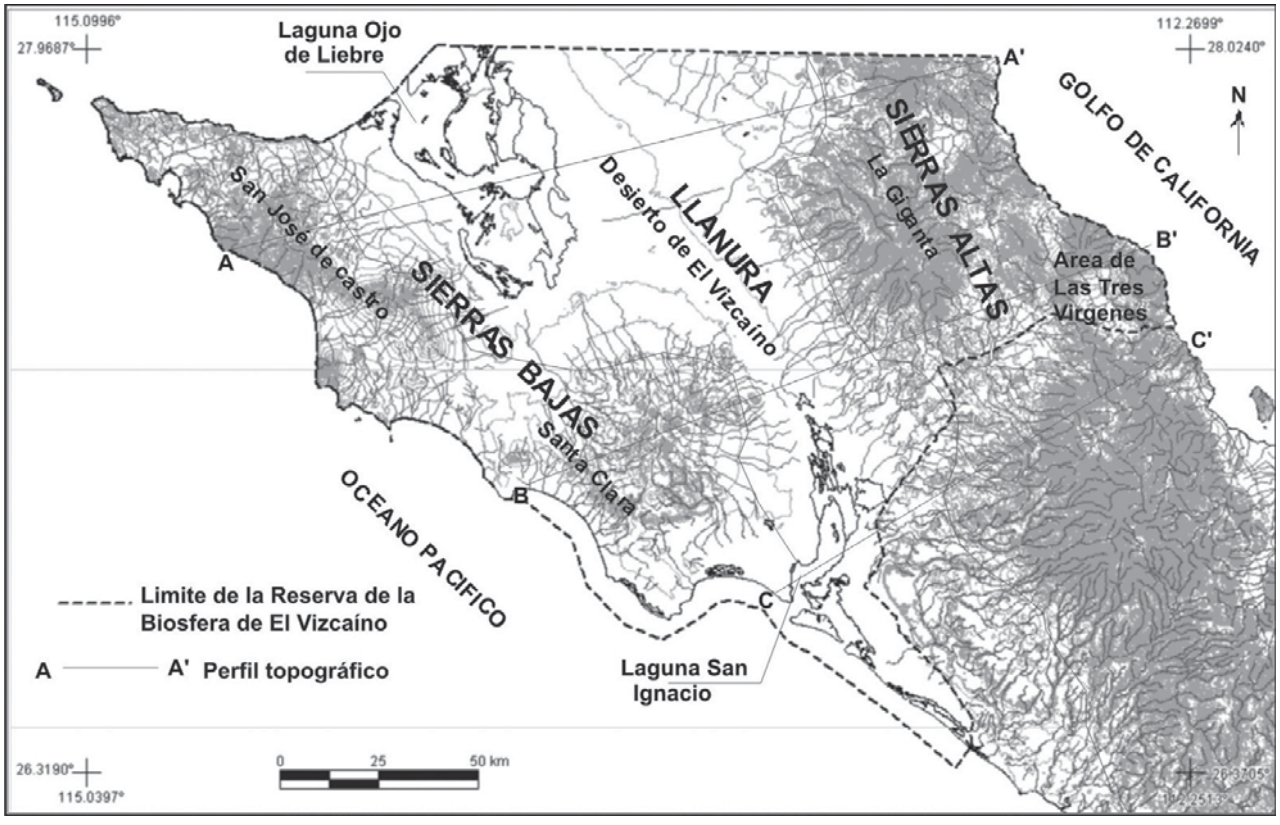


Figura 2. Unidades geomorfológicas en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (Los trazos de perfiles topográficos se muestran en la figura 3).

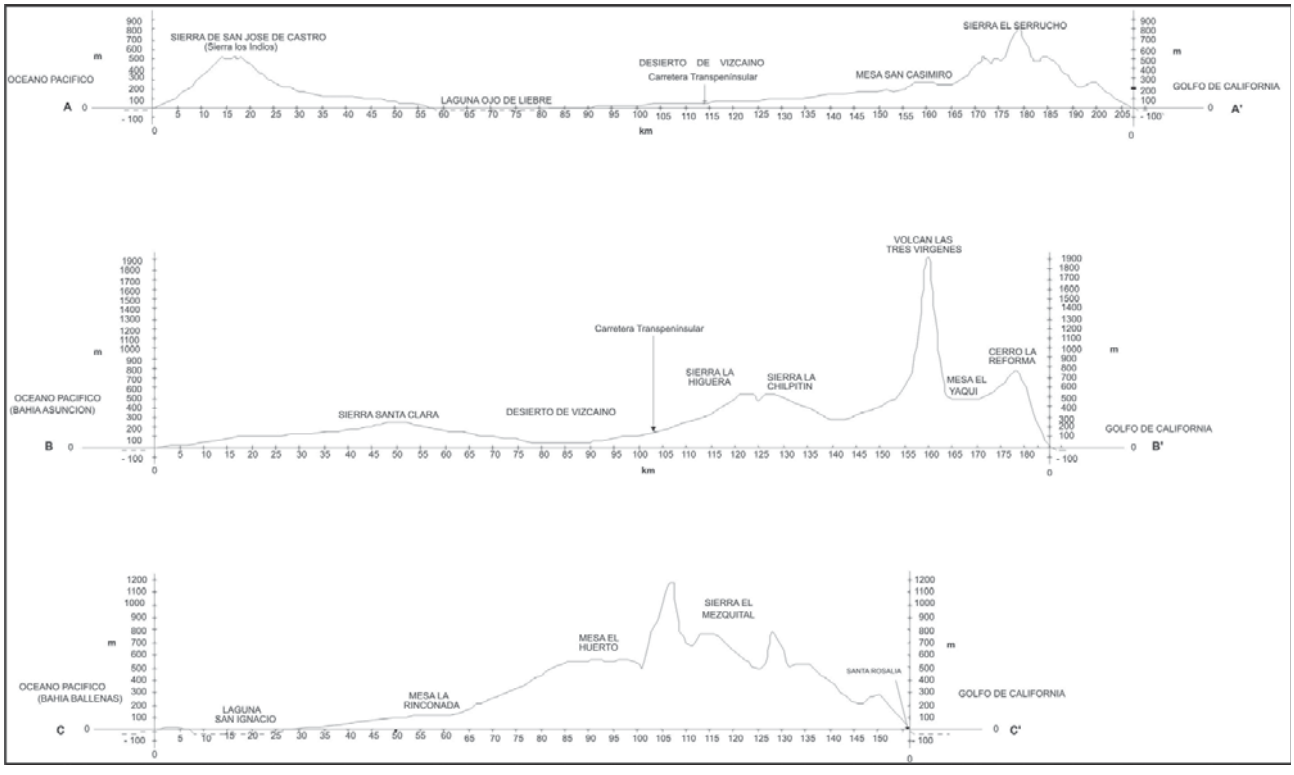


Figura 3. Perfiles topográficos de la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (su trazo en planta se muestra en la figura 2).

En ésta unidad geomorfológica se distinguen las siguientes subunidades:

- Sierras con Picachos, se encuentran formando las partes más elevadas y se caracterizan por sus pendientes abruptas, en algunas zonas la erosión diferencial a modelado agujas en la roca basáltica.
- Sierras con mesetas basálticas, semiplanas y alargadas, la erosión diferencial en estas da una apariencia escalonada. En general presentan cierta inclinación hacia el oeste. Es importante diferenciar el relieve de "mesetas" ubicadas en la zona de la Sierra el Mezquital donde se ubica el poblado de Santa Rosalía y las cuales corresponden a terrazas marinas pleistocenicas.
- Valles intermontanos, se encuentran diseminados entre las serranías, en cotas superiores a los 250 m, sus dimensiones son variables, y en varios de ellos se encuentran asentadas rancherías como las de Guadalupe, San Francisco de la Sierra, La Calabaza, San Antonio, El Sauce, El Juste, y Santa Martha. De entre estos valles, vale la pena destacar el de El Gato, por ser el de mayor tamaño, se encuentra entre las sierras El Serrucho, San Francisco y Las Tinajas de Murillo y además presenta la particularidad de contener un pequeño lago intermitente, conocido con el mismo nombre, el siguiente es el valle de Las Vírgenes el cual presenta la particularidad de ser un campo geotérmico.

- Valles con lomeríos, se extienden con pendiente suave entre las cotas de los 250 y 150 msnm, son más amplios que los intermontanos y se encuentran limitados por serranías, su relieve semiplano se interrumpe por zonas de lomeríos y cauces de arroyos intermitentes. Esta subunidad se encuentra mejor representada en la zona por donde atraviesa la carretera que comunica a los poblados de Santa Rosalía y San Ignacio. Este valle se encuentra limitado en su porción norte por la Sierra La Higuera y Chilpitin, al sur por la Sierra El Mezquital y al Este por La Sierra Las Vírgenes.

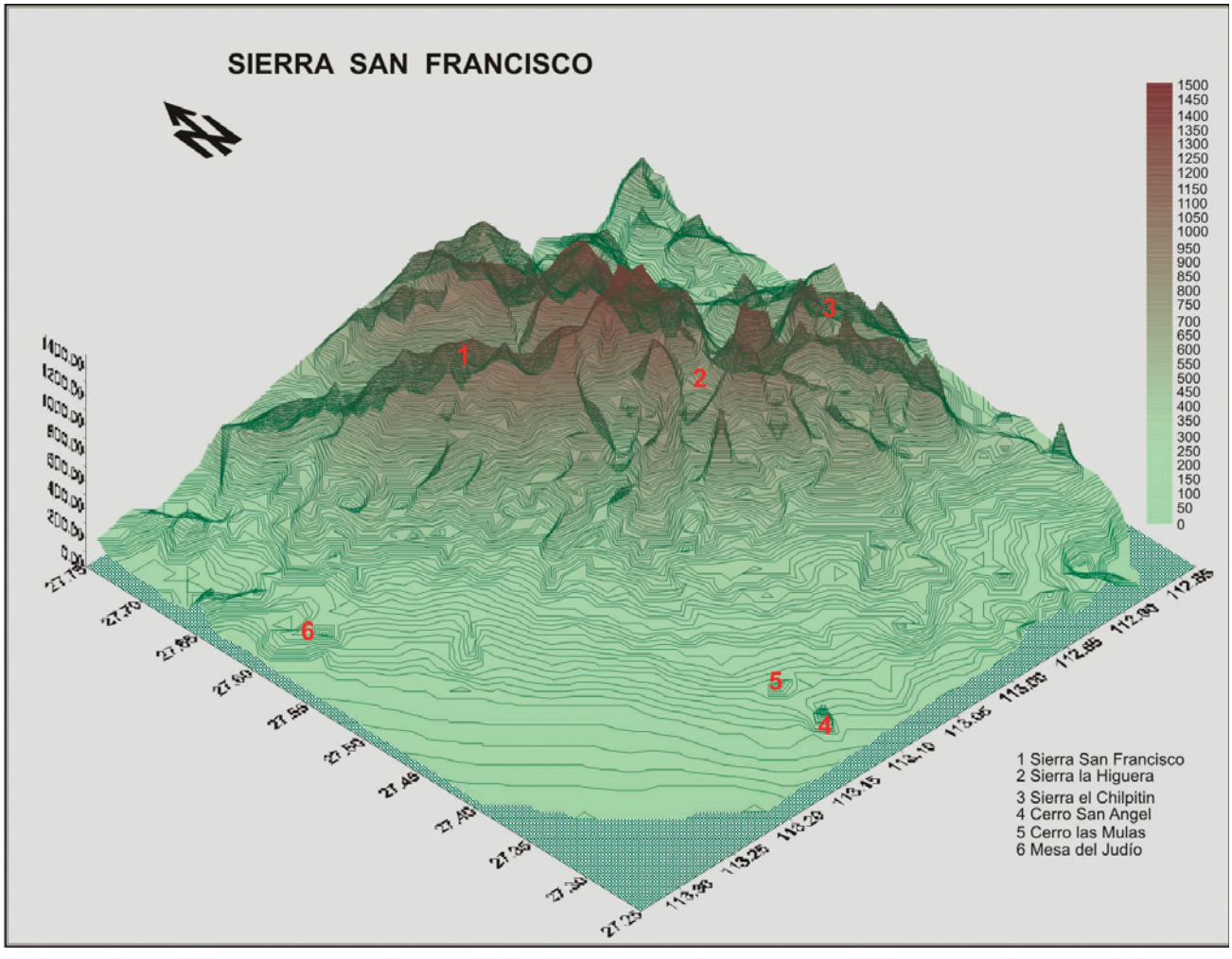


Figura 4. Bloque Diagramático de la porción sur de la Sierra de la Giganta, conocida por la toponimia local Sierra San Francisco (Sierras altas).

- Edificios Volcánicos, Se encuentran formando parte de la Sierra de Las Vírgenes, al noroeste de Santa Rosalía y corresponden a los volcanes las Tres Vírgenes y El Azufre con alturas de 1900 y 1300 m respectivamente. Se hace esta diferenciación debido a que de todos los aparatos volcánicos que se encuentran en la Sierra de la Giganta estos son los mejor conservados con formas cónicas.

- Cañones, con paredes de fuerte pendiente escarpadas, presentan orientación perpendicular a la tendencia principal del eje de la sierra de la Giganta, cortan a las mesetas basalticas con profundidades que van de los 50 metros al pie de la sierras hasta 700 m en la Sierra de San Francisco.
- Bajadas con lomeríos, se encuentran formando la zona de las laderas de las sierras. En la porción occidental de la subprovincia desciende con pendiente moderada entre las cotas de los 200 y 100 m hacia las planicies del Vizcaíno, presenta zonas aisladas de lomeríos. Hacia la porción oriental, ésta subunidad no muestra un desarrollo tan definido como en el caso anterior, puesto que las pendientes son más pronunciadas y en muchas partes las serranías terminan en acantilados.

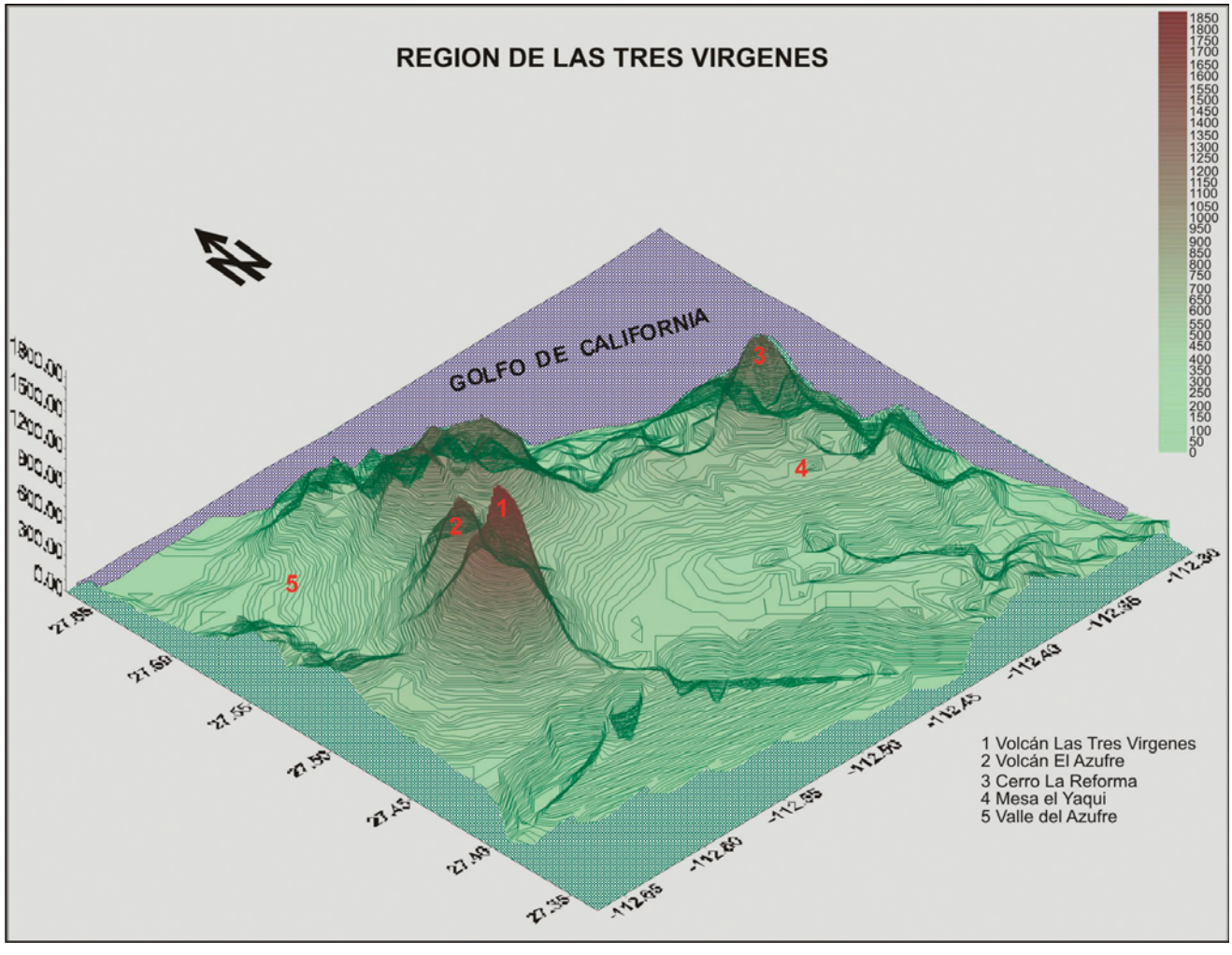


Figura 5. Bloque Diagramático de la porción sur de la Sierra de la Giganta, conocida por la toponimia local como las tres vírgenes (Sierras altas).

b) Sierras bajas : Se ubican al occidente de la Reserva, las constituyen la Sierra de Santa Clara, y San José de Castro (Fig. 2), presentan elevaciones menores a los 700 m. Su

relieve involucra rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, con un rango geocronológico del Triásico superior al Cuaternario. Las unidades litológicas de esta zona han sido estudiadas por diferentes autores, quienes las agrupan y clasifican en Formaciones Estratigráficas (ver apartado de Geología), con lo cual es posible diferenciar los eventos geológicos que han modelado la geomorfología en la región.

De estos eventos destacan los registrados en la formación San Hipólito en donde las secuencias litológicas se encuentran deformadas en pliegues recumbentes. De igual forma la presencia de un Complejo Ofiolítico atestigua la evolución estructural de una paleocorteza oceánica, lo cual sugiere para el intervalo del Triásico Superior al Jurásico una gran actividad tectónica. Las subsecuentes Formaciones sedimentarias y Vulcano sedimentarias del Jurásico Superior al Pleistoceno, atestiguan diferentes eventos de regresiones y transgresiones marinas, así como cierta actividad volcánica, aunque de forma menos intensa que la registrada en la Formación Comondú (Sierra de la Giganta (Sa)). De esta manera la acción de los procesos endógenos (actividad tectónica) a los cuales se suma la actividad de los exógenos controlados por el clima (intemperismo, erosión y acumulación), han generado un paisaje caracterizado por una topografía de picachos, lomeríos, mesas y terrazas marinas, y cuya topografía está controlada por el efecto de erosión diferencia al actuar en tres diferentes tipos de rocas (sedimentarias, ígneas y metamórficas).

En las Figuras 6 y 7 se esquematiza en tres dimensiones los rasgos morfológicos de la Sierra de santa Clara y parte de la Sierra de San José de Castro respectivamente, en estas se ilustran los principales rasgos topográficos que las diferencian de la unidad anterior (Sierras altas Sa), con una menor altura y menos accidentadas. Sin embargo los rasgos morfológicos referidos sitúan a ésta unidad, en un desarrollo geomorfológico de juventud para un clima árido. En estas sierras se distinguen las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Sierras con Picachos y lomeríos, forman las partes altas de las sierras, en estas los procesos de erosión diferencial en rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias a modelado picachos y lomeríos con pendientes pronunciadas.
- Sierras con mesetas sedimentarias, se encuentran formando las partes intermedias y bajas de las sierras, se caracterizan por su forma alargada, cima plana y laderas pronunciadas de entre 100 y 250 metros, labradas en rocas sedimentarias, que de acuerdo a la toponimia local se les conoce como mesas. Hacia la periferia de las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio éstas corresponden a terrazas marinas pleistocenicas.
- Valles intermontanos, se ubican limitados entre las serranías en cotas superiores a los 250 m, presentan superficies variables y menos frecuentes que en la subprovincia de la Sierra de la Giganta.
- Valle con lomeríos, son de mayor dimensión que los intermontanos y se extienden con pendiente suave entre las cotas de los 150 a 250 (msnm). Su relieve semiplano

se interrumpe por zonas de lomeríos y cauces de arroyos intermitentes.

- Cañadas, a diferencia de la unidad de cañones que se describe para la subprovincia de la Sierra de la Giganta, estas son menos profundas y de valles amplios los cuales tienden a ensancharse aun más hacia su desembocadura. Sus pendientes son moderadas.
- Bajadas con Lomeríos, forman las laderas de las sierras entre la cota de los 200 y 100 m, se extienden con pendientes de moderada a suave, y presentan zonas de lomeríos aisladas, en estas predominan los depósitos Cuaternarios residuales y de coluvión.

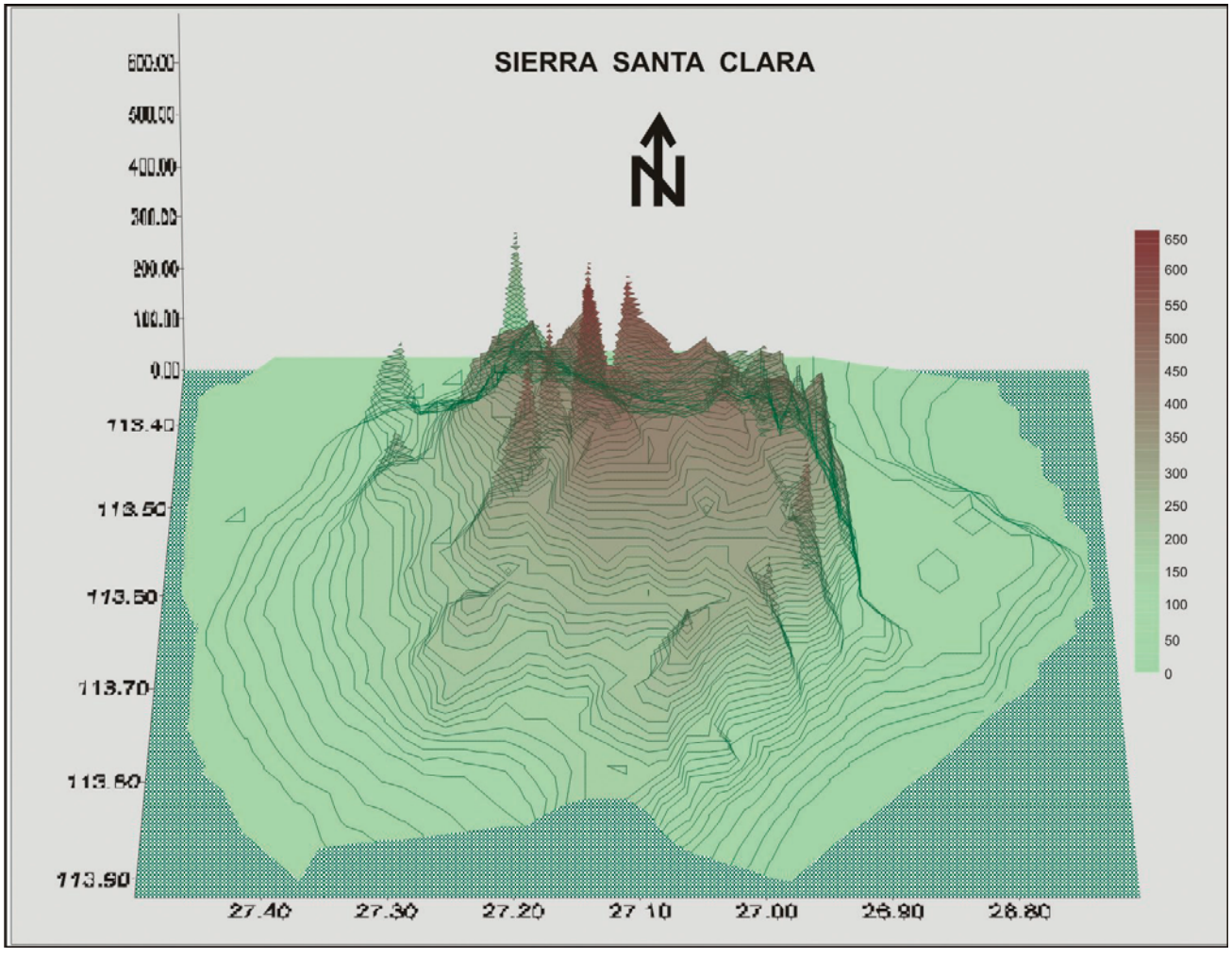


Figura 6. Bloque Diagramático de la Sierra Santa Clara (sierras bajas).

2) llanura de Sebastián Vizcaíno: forma la parte superior del relleno de una gran estructura que forma un sinclinal con orientación noroeste-sureste, conocida como Cuenca del Vizcaíno (Fig. 11) (Lozano, 1976). En superficie esta unidad geomorfológica se extiende hacia el poniente a partir de las estribaciones (bajadas) de las sierras altas de la Giganta, la cual desciende con pendiente suave, conformando una topografía ondulada de bajo relieve. En esta unidad predominan los depósitos detríticos Cuaternarios de origen eólico, aluvial, coluvial y

proluvial, así como el desarrollo incipiente de suelos, los cuales han evolucionado sobre suelo altamente salino como evidencia de transgresiones y regresiones marinas efectuadas en los últimos milenios (DGIAI, 1983; INEGI, 1996; INEGI, 1984a). Las ondulaciones del terreno corresponden básicamente a la acumulación eólica que a generado cordones longitudinales de dunas activas e inactivas o estabilizadas (paleodunas). Las características topográficas y litológicas de esta unidad ocasionan que la red de drenaje (intermitente) proveniente de las sierras se pierda. Debido a esto la mayor parte de los arroyos en las llanuras no se integran a ningún régimen hidrológico y pierden continuidad y salida al mar.

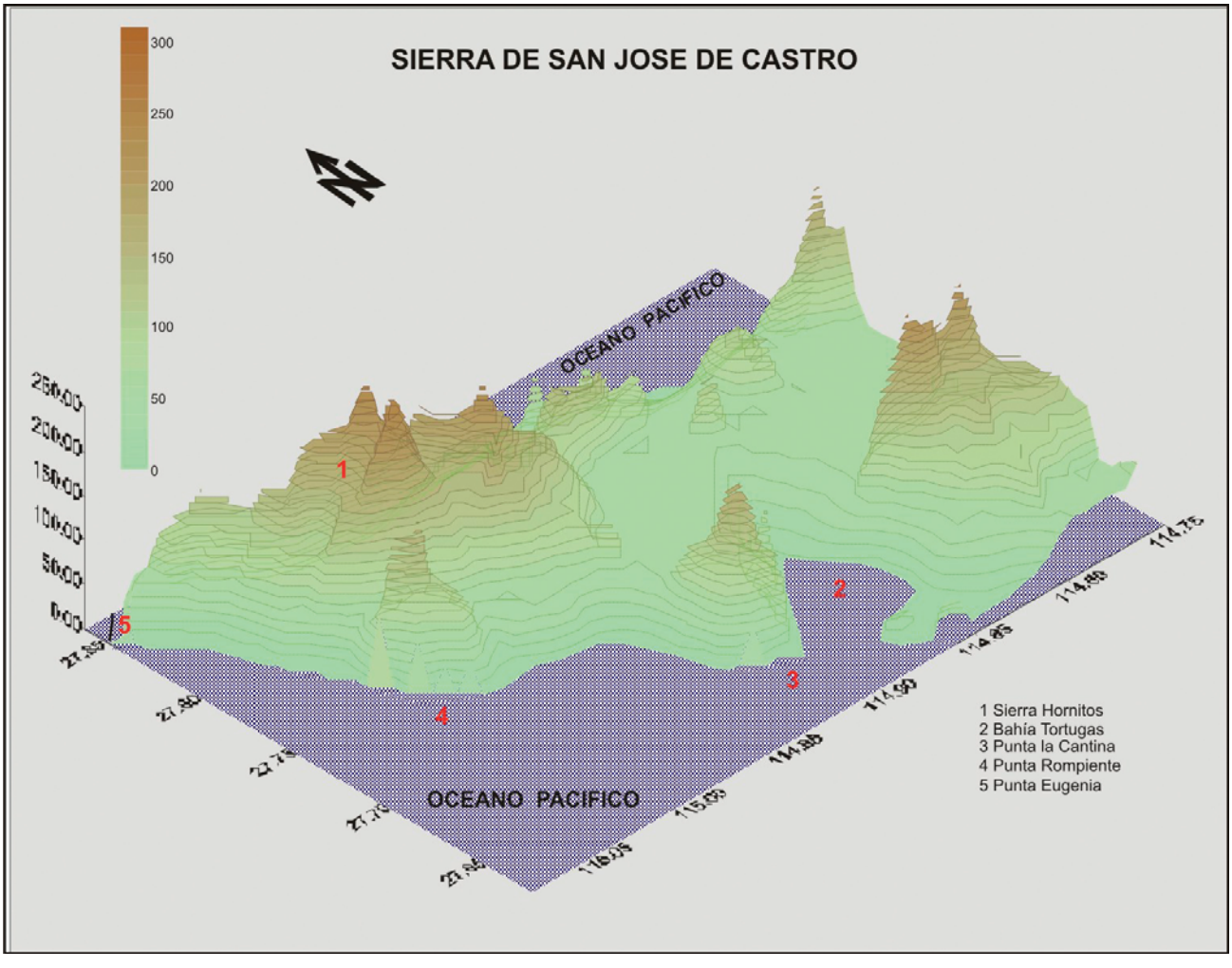


Figura 7. Bloque Diagramático de la porción noroeste de la Sierra San José de Castro (Sierras bajas).

En el relieve semiplano destaca la presencia de lomeríos y cerros isla (inselbers), diseminados en toda la unidad, como evidencia de un relieve preexistente que a sido erosionado y sepultado, debido a la acción de los agentes endógenos y exógenos. En la figura 8**,** se muestran los aspectos, caracterizado por su bajo relieve que se extiende hacia la franja costera. Por las características topográficas que muestra esta unidad, se considera un desarrollo geomorfológico de vejez para un clima árido donde destaca el relieve acumulativo

de los depósitos eólicos.

Por su extensión es posible diferenciar las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Llanura con suelos compactos, esta unidad se desarrollan suelos limosos con estratos delgados de caliche, por lo general en áreas asociadas a las bajadas de las sierras.
- Llanura con depósitos terrígenos, destacan los cordones de dunas inactivas, presentan una amplia distribución, dan forma a un relieve topográfico ondulado debido a que los cordones se encuentran paralelos entre sí con orientación preferencial noroeste sureste, su estabilidad se debe a la presencia de cobertura vegetal y al alto contenido de limo y arcilla que tienden a rellenar los intersticios entre las partículas de arena causando un efecto cohesivo y cementación por lo que las dunas pierden su capacidad de migración.
- Cerros isla (inselbers), también se les conoce como cerros testigo, son de escasa altura y se encuentran diseminados en toda la llanura. Son la evidencia de una antigua topografía que a sido nivelada y/o sepultada por procesos de erosión y acumulación.
- Franja Costera Esta unidad está compuesta por costas depositacionales y erosivas:

a) Costas depositacionales: Tienen su mejor desarrollo en la vertiente occidental de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, en cuya zona oceánica se a desarrollado plataforma continental. En esta unidad se encuentran costas erosivas, aunque con una distribución restringida a lugares donde la sierra de San José de Castro, limita con el Océano Pacífico.

Las costas depositacionales se presentan como continuidad de las llanuras hacia la línea de costa, forman un sistema al que algunos autores refieren como "Tierras Bajas", donde predominan los depósitos litorales arenosos y limo arcillosos del Cuaternario. Esta unidad forma una franja de amplitud irregular y paralela a la línea de costa. Su orden de magnitud varia de decenas de metros en zonas donde se han desarrollado playas arenosas limitadas por cordones de dunas, a kilómetros en las áreas más bajas donde se forman planicies de inundación (limo - arcillosas) generalmente asociadas a los sistemas de lagunas costeras, como Ojo de Liebre y San Ignacio. En general esta unidad forma un frente depositacional complejo considerado como zona de transición entre el océano y tierra emergida, consecuentemente aquí interactúan con gran rapidez los procesos costeros, continentales y climáticos, que le confieren características morfológicas particulares bien definidas como los esteros y lagunas.

De igual forma se reconocen otros rasgos geomorfológicos de menor escala como las barreras arenosas que dieron origen a los sistemas lagunares holocénicos, playas arenosas, campos de dunas (activas), y pantanos de manglar. De acuerdo a Inman y Nordstrom (1971), por los antecedentes tectónicos de la península, estas costas son de colisión continental debido a la subducción de la paleocorteza oceánica, que durante el Mesozoico se hundió bajo la corteza continental occidental.

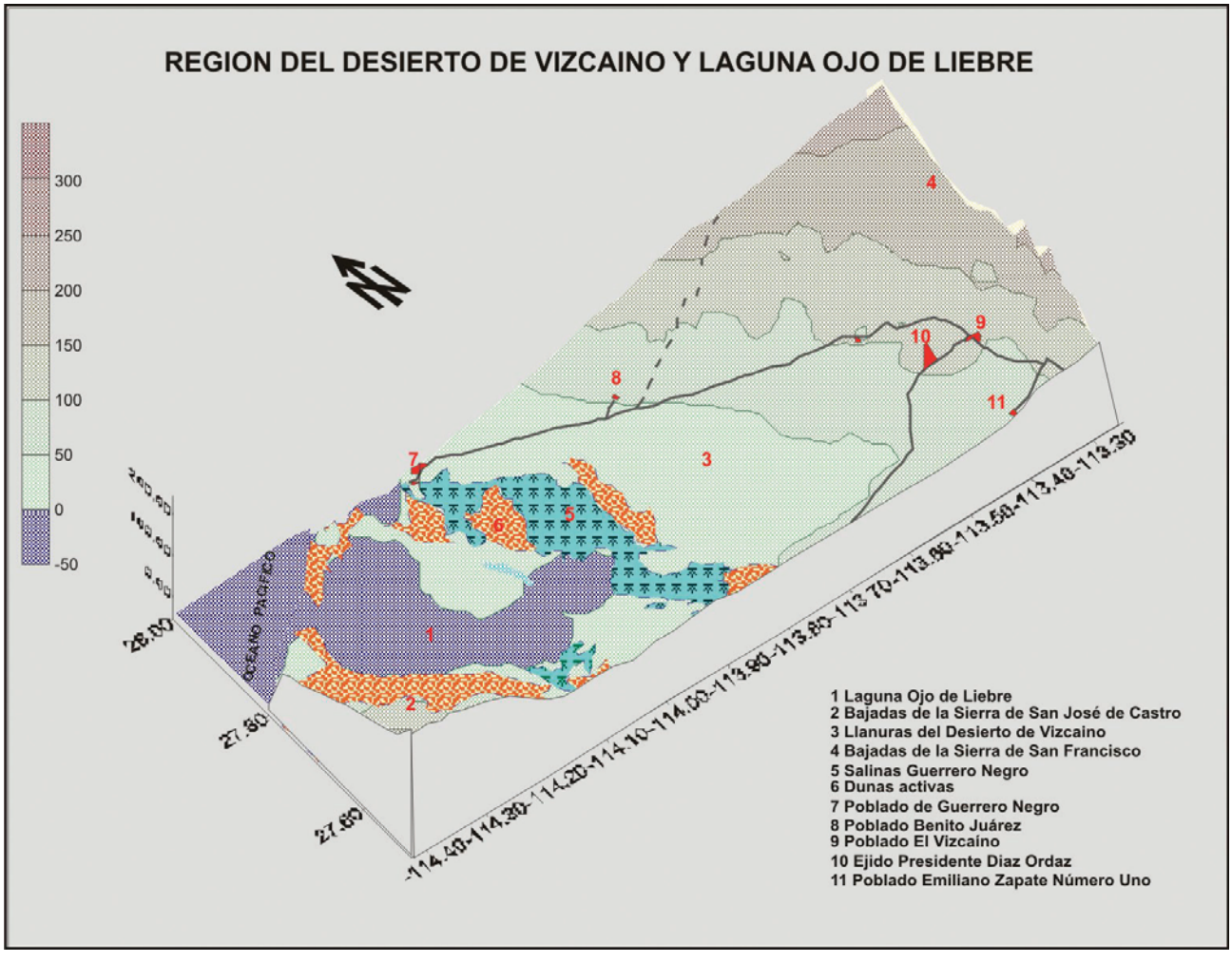


Figura 8. Bloque diagramático que muestra parte de las llanuras del Desierto del Vizcaíno y la laguna Ojo de liebre (Llanuras y costas depositacionales).

Por otra parte con los criterios Geomorfológicos y Genéticos de Shepard (1973), en ésta franja costera se presentan: Costas primarias, por depositación subaérea, por viento (costas con dunas); Costas secundarias, por erosión de oleaje (costas con terrazas elevadas, cortadas por oleaje) y Costas secundarias, por depositación marina, (costas con barreras arenosas, islas de barrera, tómbolos arenosos y bahías de barrera).

En el la figura 8, se muestra la relación entre las llanuras y la franja costera, y cuyas características topográficas, sitúan a esta unidad en un desarrollo geomorfológico de juventud para un clima árido.

En esta unidad es posible distinguir las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Dunas activas, se ubican hacia la periferia de los sistemas lagunares y algunos sitios aislados de las llanuras. Presentan diferentes tipos de desarrollo que van desde dunas multidireccionales de apenas un metro de altura a barjanes con alturas de hasta 10

metros, formados por arena de textura fina.

- Planicies de Inundación, pantanos y salitrales, son de relieve topográfico bajo y prácticamente plano, en todos los casos se encuentran sujetos al efecto de las mareas y asociados a los sistemas lagunares, sus dimensiones son variables, siendo los de mayor tamaño los ubicados en la periferia de la laguna San Ignacio y Ojo de Liebre. Se caracterizan por sustratos limo arcillosos y alto contenido de sales así como por un espejo de agua de apenas unos centímetros sin llegar a sobrepasar los 0.5 m de profundidad.
- Sistemas lagunares, se distribuyen a lo largo de la línea de costa occidental y corresponden a cuerpos de agua poco profundos y protegidos de mar abierto por barreras arenosas, el intercambio de agua con el océano se efectúa a través de sus entradas (bocas) y canales de marea, por sus dimensiones destacan la laguna de San Ignacio en la porción sur y Ojo de Liebre en la porción norte. Estos sistemas lagunares tienen su origen con el establecimiento del nivel del mar durante el Holoceno, y constituyen el relieve más bajo en el extremo oeste de la Subprovincia Desierto de San Sebastián Vizcaíno. Corresponden a un frente depositacional como zona de transición entre el océano y tierra emergida. En su periferia predominan los depósitos Cuaternarios litorales, dunas y planicies de Inundación con sustratos limo arcillosos, sujetos al efecto de las mareas lo cual favorece el estancamiento de agua de mar y la precipitación de minerales evaporíticos (salitrales).
- Playas arenosas, se encuentran distribuidas a lo largo de la línea de costa formando extensas fajas angostas limitadas tierra adentro por campos de dunas multidireccionales activas. Tienden a ser altamente modificables en su perfil de playa debido al tipo de material que las constituye (arenas no consolidadas y no cohesivas) y por estar expuestas a la acción directa del oleaje. Esta particularidad puede ser perceptible a diferencia de las costas acantiladas que evolucionan a escalas de espacio y tiempo más difíciles de controlar por el ser humano.
- Islas de barrera y playas de barrera, forman las caras de las barreras arenosas por lo que su distribución esta restringida a estas, al igual que la unidad anterior son altamente modificables e inestables sobre todo en periodos de tormentas. Estas estructuras son consideradas típicas de costas depositacionales con abundante material sedimentario disponible y donde existe una dinámica litoral lo suficientemente intensa para generar un transporte longitudinal del sedimento suficiente tanto para su génesis como para su evolución.

b) Costas erosivas: Esta subunidad se encuentra mejor representada en la costa oriental, su distribución y características morfológicas se encuentran asociadas a las pendientes abruptas de la Subprovincia Fisiográfica Sierra de la Giganta donde predominan rocas volcánicas y volcanoclástcas del Mioceno Superior que limitan con el Golfo de

California cuyos aspectos batimétricos señalan escaso o nulo desarrollo de plataforma continental, aspectos que en conjunto caracterizan la estrecha faja costera oriental de la Reserva. De acuerdo a la clasificación tectónica de Inman y Nordstrom (1971), esta unidad corresponde a costas de arrastre de neo-eje, por efecto del sistema de fallas de San Andrés. De acuerdo a los criterios Geomorfológicos y Genéticos, propuestos por Shepard (1973), en ésta franja se presentan Costas primarias formadas por movimientos diastróficos, costas de fallas y de rift; Costas secundarias, por erosión de oleaje, promontorios cortados por olas, tanto en materiales homogéneos como heterogéneos. En contraste la costa occidental, se encuentra asociada a una plataforma continental mejor desarrollada, por lo que las costas erosivas se encuentran restringidas a las laderas de la porción occidental de las sierras de San José de Castro que limita con el Océano Pacifico.

En esta unidad se diferencian las siguientes subunidades geomorfológicas:

- Acantilados, ampliamente distribuidos en las zonas donde las laderas de las sierras se encuentran formando parte de la línea de costa, por lo que están expuestas a la acción erosiva de la marea y oleaje. Su acción origina cuñas de erosión con terrazas y nichos, entre los niveles de marea baja y alta, terminando por desestabilizar y fracturar las laderas y la caída de bloques rocosos. De esta manera se produce el remodelado de las laderas en paredes prácticamente verticales.
- Playas rocosas, se encuentran asociadas o muy cercanas a los acantilados, y en las desembocaduras de los arroyos. se constituyen por bloques y cantos redondeados. Su perfil de playa tiende a ser muy pronunciado debido al escaso o nulo desarrollo de la plataforma continental.

En la figura 9, se muestran los rasgos de acantilados característicos de esta franja costera, y cuya topografía, sitúan a esta unidad en un desarrollo geomorfológico de juventud para un clima árido. La comparación de las Figuras 9 y 10, resaltan las diferencias entre las costas depositacionales en la vertiente Pacifico de las erosivas en la vertiente del Golfo de California.

Las unidades y subunidades geomorfológicos antes descritas integran en su conjunto el paisaje agreste característico de la región de la Reserva de El Vizcaíno, cuyo relieve topografico se resume en los perfiles de la figura 3, haciendo evidente las diferencias geomorfológicas, entre las sierras altas y bajas, así como entre las costas erosivas del Golfo de California, con respecto a las costas depocitacionales en la costa Pacífico. De igual forma nos permiten señalar que la meteorización es más intensa en las sierras donde se produce un mayor escurrimiento durante las temporadas de lluvia, las cuales favorecen el acarreo de detritos y su depósito al pie de las montañas, formando los mantos de piedemonte o bajadas que limitan hacia el occidente a las llanuras del desierto del Vizcaíno, y Al mismo tiempo

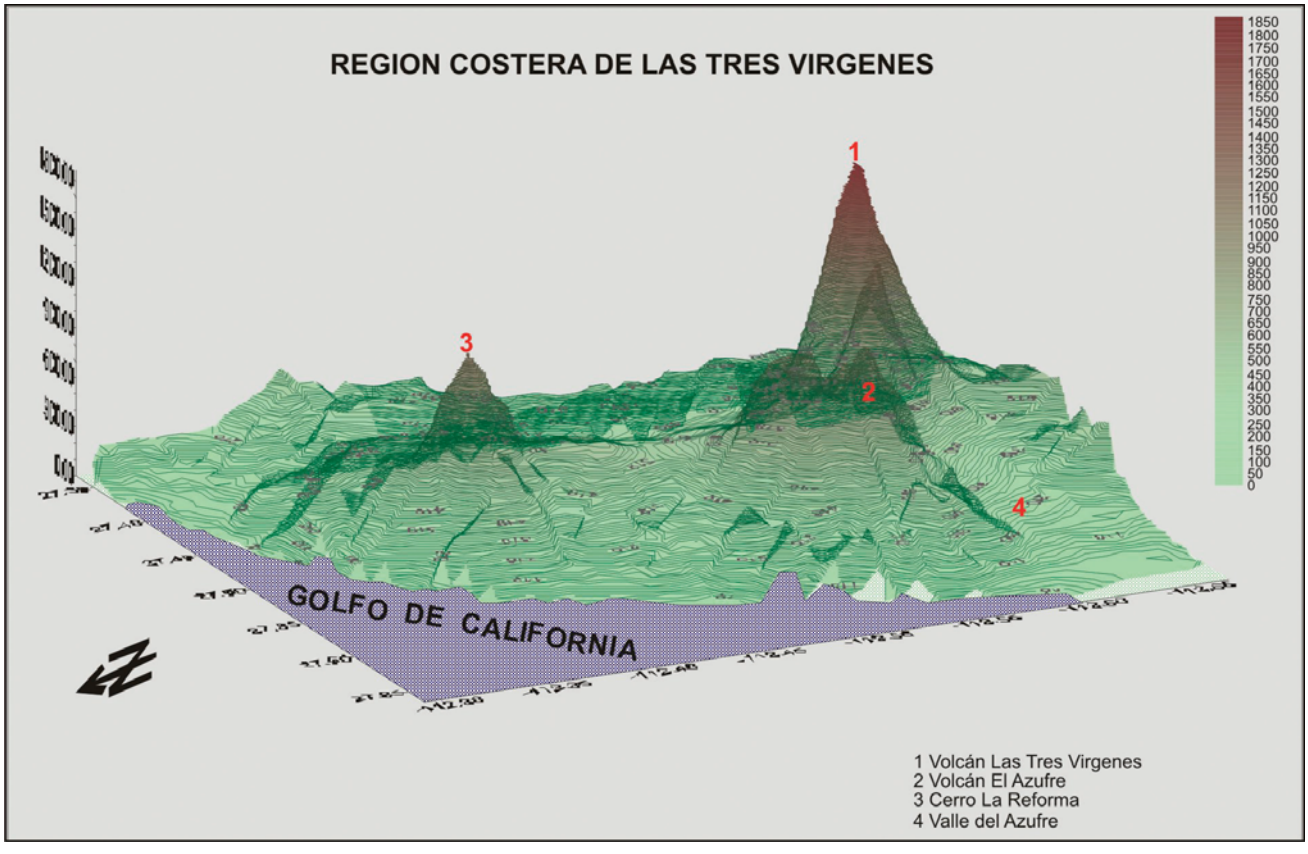


Figura 9. Bloque diagramático que muestra parte de la franja costera en la vertiente oriental de la Sierra La Giganta conocida en la toponimia local como las Tres Vírgenes (Costas erosivas).

dicha descripción evidencia que la cuenca sedimentaria del Vizcaíno se encuentra formada en superficie por diferentes ambientes de depósito Cuaternarios (residuales, coluvión, aluviales, eólico, lacustre, playa, Planicies de Inundación y salitrales) los cuales generan cambios de facies sedimentarios de forma lateral, desde las bajadas de las sierras hasta los sistemas lagunares. Aspecto que cobra importancia en el control geohidrológico y calidad de agua de los acuiferos subsuperficiales de la Reserva.

I.3. Geología

En la región de la Reserva los afloramientos rocosos, presentan un rango geocronológico del Triásico al Reciente, cuya distribución espacial evidencia una alta complejidad estructural y estratigráfica. Sin embargo es posible identificar en función del marco tectónico regional de Baja California Sur, (CRM, 1999), así como por la persistencia de los afloramientos rocosos y rango estratigráfico, una distribución geológica generalizada en tres franjas (Fig. 10), las cuales coinciden con las unidades geomorfológicas descritas anteriormente:

Franja occidental Bloque tectónico mesozoico, asociada a la unidad geomorfológica de Sierras Bajas. En estas sierras afloran las rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias más

antiguas de la región con un rango del Triásico superior al Cuaternario (CRM, 1999). Destacan las rocas del Triásico al Jurásico Inferior integradas por ofiolítas y secuencias de tipo mélange acrecionadas, las cuales manifiestan la evolución estructural de una paleocorteza oceánica en

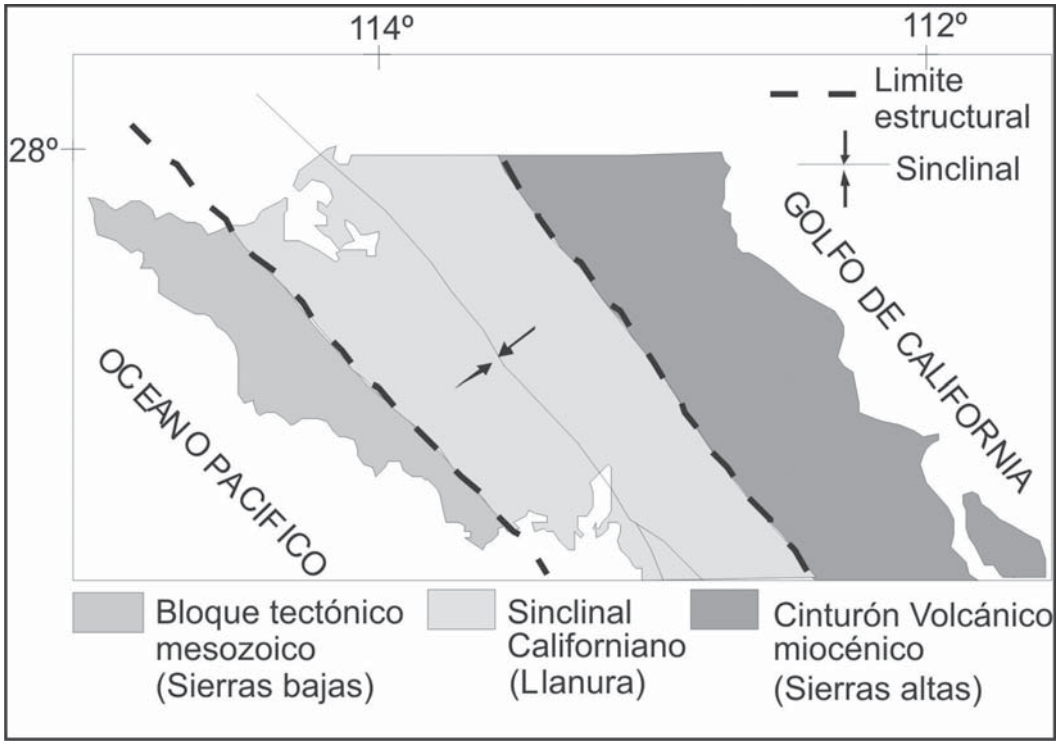


Figura 10. Esquema tectónico de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno. (modificado de CRM, 1999).

un límite convergente, producto del choque de la placa de América del Norte y la placa del Pacífico, ocasionando subducción, abducción y cabalgamientos por parte de rocas del piso oceánico, que arrancaron partes de la corteza continental y las mezclaron, en el complejo mélange de Puerto Nuevo, el cual esta formado por rocas metamórficas formadas a altas presiones y bajas temperaturas (esquistos verdes y azules de pumpellyta-actinolita, anfibolitas de epidota y eclogitas) (Moore, 1984).

Las rocas más antiguas en esta franja integran rocas sedimentarias tobáceas de la formaciones San Hipólito del Triásico Superior, así como por conglomerados, areniscas, arcillas y lavas almohadilladas, relacionadas con la Formación Eugenia, Perforada, Asunción y Alisitos del Jurásico Superior – Cretácico Inferior (Moore, 1984; INEGI, 1984 c; CRM, 1997a, 1999; DGIAI, 1983).

Franja oriental Cinturón Volcánico miocénico, asociada a la unidad geomorfológica de sierras altas, destacan las rocas volcánicas de la Formación Comondú, del Mioceno que llegan a alcanzar en conjunto, hasta 1200 metros de espesor, y presenta variaciones horizontales que se explican mediante un modelo de facies volcánica no marino que muestra tres zonas, una proximal donde abundan las brechas volcánicas monolíticas, brechas intercaladas,

aglomerados y areniscas tobáceas de grano grueso; facies central, con predominio de derrames de lava y depósitos de ceniza y coluviales; y facies volcánica distal, con areniscas tobáceas y aglomerados de grano fino a medio (Hausback, 1984; CRM, 1999).

Mina (1957) consideró que el suministro de esta gran cantidad de rocas debió haberse encontrado en un cinturón volcánico ubicado al este de la actual costa del Golfo de California, cuyo origen se asocia al arco magmático miocénico a lo largo del margen occidental de México producto de la subducción de la placa de América del Norte con el margen noroccidental de México durante el Terciario (Hausback, 1984; Sedlock et al, 1993; CRM, 1999).

Hacia la porción sureste de esta franja afloran formaciones sedimentarias marinas y volcánicas del Pleistoceno inferior y superior respectivamente. Las formaciones sedimentarias corresponden al Boleo, Gloria, Infierno y Santa Rosalía (Wilson, 1948), depositadas en la Cuenca Neógena de Santa Rosalía, la cual se encuentra limitada al norte y noroeste por los edificios volcánicos plio-cuaternarios de la Reforma y de las Tres vírgenes, y al oeste y suroeste por la Sierra Santa Lucía. En esta área la presencia de terrazas marinas, manifiestan la emersión cuaternaria de la cuenca y ponen de manifiesto episodios de alto nivel marino de los periodos interglaciares del Pleistoceno Medio y Tardío (Ortlieb y Colletta, 1984).

Las formaciones sedimentarias se encuentran integradas principalmente por conglomerados continentales, deltáicos y litorales, caliza, areniscas marinas, brechas, tobas y pómez.

Por su parte las rocas Volcánicas pleistocenicas se ordenan cronológicamente en tres complejos volcánicos Cuaternarios: Caldera de la Reforma, Sierra de El Aguajito (o de Santa Ana) y Las Tres Vírgenes:

Las rocas volcánicas del complejo de la Reforma se dividen en dos series principales: una serie pre-caldera, caracterizada por intrusiones básicas, derrames de lava, erupciones submarinas (Plioceno), y derrames basálticos y andesíticos subaereos (Pleistoceno Temprano); y la serie de la caldera (Pleistoceno Medio), integrada por ignimbritas y andesitas localmente cubiertas por domos riolíticos y derrames basálticos (Demant, 1981, 1984).

En la región de las Tres Vírgenes, la secuencia de rocas se divide en tres unidades principales: andesitas de la Sierra Santa Lucía (Grupo o Formación Comondú, Mioceno), Basaltos de Esperanza (Mioceno Tardío), y basaltos y dacitas de los estratovolcanes cuaternarios Tres Vírgenes y El Azufre (Sawlan, 1981).

De manera generalizada podemos referir el origen y emplazamiento de las rocas pliocenicas anteriormente descritas, como resultado de la actividad tectónica asociada a la apertura del Golfo de California, así como a transgresiones marinas ligadas a períodos de alto nivel marino ((interglaciares), acompañadas de procesos de emersión (Ortlieb y Colletta, 1984).

Franja central Subcuenca Vizcaíno o Sinclinal Californiano, asociado a la unidad geomorfológica de Llanura, con predominio en superficie de depósitos detríticos Cuaternarios

de origen eólico, aluvial, coluvial y proluvial.

La subcuenca Vizcaíno se encuentra rellena de rocas sedimentarias de las formaciones del Mesozoico (Formación Valle), y Cenozoico (Formaciones Santo Domingo, Malarrimo, Bateque, Zacarías, Santa Clara, La Zorra, San Joaquín, Isidro, San Ignacio, Tortugas, San Raymundo, Almejas), que atestiguan ambientes costeros, lagunares y de plataforma, las cuales afloran principalmente en la franja occidental (Sierras Bajas) donde se encuentran plegadas y falladas, formando estructuras anticlinales y sinclinales orientados NW-SE, paralelos a la costa Pacífico (INEGI, 1984d; CRM, 1998c, 1999; DGIAI, 1983).

El origen de estas formaciones se encuentra asociada a sedimentación y transgresiones marinas acompañadas de procesos de emersión y movimientos compresionales y tensionales en diferentes épocas, tectónica que puede ser atribuible como respuesta de la subducción de la Placa del Pacífico bajo la Placa Continental Americana, así como a la apertura del Golfo de California, en mayor o menor grado (PEMEX, 1976).

Según Sedlock et, al. (1993), las franjas antes descritas, integran dos terrenos tectonoestratigráficos que nombran como terreno Cochimi y Yuma, descritos anteriormente por Campa y Coney (1983), como terreno Vizcaíno y Alisitos respectivamente, los cuales constituyen el basamento de la cuenca de El Vizcaíno (Fig. 11). El Terreno Cochimi abarca la Franja occidental Bloque tectónico mesozoico (sierras bajas), el cual Sedlock et, al. (1993), dividen en tres subterrenos: Choyal, Vizcaíno Norte y Vizcaíno Sur (los dos últimos dentro de la Reserva) y los interpretan como fragmentos de arcos de isla que se formaron, sobre la corteza oceánica del Triásico Superior y que fueron acrecionados al borde continental de América del Norte en el Jurásico Tardío o en el Cretácico Temprano, cuando fueron yuxtapuestos uno contra el otro a lo largo de una zona de falla que contiene la mélange de la sierra Placeres (Moore, 1985). Estos subterrenos, se integra por ofiolitas del Triásico cubiertas por la Formación San Hipólito, Eugenia, así como por la formaciones Perforada y Asunción del Jurásico Superior – Cretácico Inferior y por la Formación Valle del Cretácico Superior.

El Terreno Yuma, lo integran rocas de arco magmático del Jurásico y Cretácico y rocas clásticas de tipo *Flysch* del Triásico-Cretácico, intruidas por granitoides del Batolito Peninsular (edades de 140-80 Ma; Ortega-Rivera, 2003). Se presenta en forma aislada al noreste y en las inmediaciones de Loreto al centro-este de la entidad y se encuentra cubierto, en su mayor parte, por rocas sedimentarias y volcánicas del Terciario que integran en superficie a la unidad geomorfológica de Sierras Altas (CRM, 1999).

El contacto entre el terreno Cochimi y Yuma se encuentra cubierto por rocas Jurásicas, Cretácicas y Terciarias, así como por depósitos Cuaternarios del Desierto del Vizcaíno que en superficie integran a la unidad geomorfológica de Llanura (Moore, 1984; Barnes, 1984) (Fig. 11).

I.4. Geología estructural

La región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, se encuentra en una gran estructura en forma de depresión denominada Cuenca del Vizcaíno (Fig. 11). La orientación de esta estructura es noroeste-sureste y se encuentra cubierta por sedimentos derivados de las sierras. Lozano (1976), interpretó la cuenca basado en datos geofísicos y perforaciones realizadas por PEMEX, como un sinclinal e identificó una secuencia litológica del Triásico al Reciente, menciona que los sedimentos que la forman se acuñan en rocas ígneas en la porción oriental y señala la existencia a profundidad de un bloque levantado de rocas ofiolíticas que separa a la Cuenca del Vizcaíno de la de Purísima-Iray-magdalena y cuya orientación es perpendicular a la tendencia general de la península entre los paralelos 27 y 28°.

El marco tectónico y tectonoestratigráfico anteriormente descrito, caracteriza la evolución estructural según la incidencia en mayor o menor grado de la actividad tectónica, que en principio dio origen en la porción occidental de la Reserva al complejo ofiolítico de rocas metamórficas, resultado de la evolución estructural de una paleocorteza oceánica, que durante el Mesozoico se hundió bajo la corteza continental occidental, hasta la actividad tectónica del Plioceno en la porción oriental asociada a la separación de la península durante la apertura del Golfo de California mediante fallamiento tipo extensional que genera hasta la fecha la migración de la península de Baja California hacia el NW.

De esta manera se describen los principales rasgos estructurales en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno según el esquema tectónico (CRM, 1999):

Franja occidental, Bloque tectónico mesozoico (terreno Cochimi), se encuentra afectada por un sistema de estructuras de tipo regional con orientación NW-SE, conservando el mismo rumbo de la península de Baja California, así como por un sistema de fallas NE-SW, de menores dimensiones. Las estructuras en esta región corresponden a fallas de corrimiento lateral izquierdo, donde el bloque norte se desplazó al NW aproximadamente 3 km, como se observa en el área de Morro Hermoso (Kimbrough, 1982; Sedlock et al., 1993; CRM, 1999; Castro-Leyva et al., 2001).

Las inclinaciones medidas en este sistema varían de 65º a 85º, al NE y al SW. La edad de este fallamiento se considera post-Jurásico Superior, asociado a las cabalgaduras del complejo ofiolítico, sobre el complejo volcánico San Andrés (Aparicio-Cordero y Avalos-Zermeño, 1977).

Los aspectos estructurales de esta región señalan un alto grado de complejidad tal como lo evidencian las rocas de la Formación San Hipólito, que se encuentran muy deformadas, al grado de presentar pliegues recunbentes que contrarrestan con el resto de las rocas que afloran en el área, además presentan una tendencia estructural totalmente desarmónica con el rumbo dominante de los planos axiales de la Formación Valle Salitral del Cretácico Superior, puesto que son oblicuas entre sí (INEGI, 1984c).

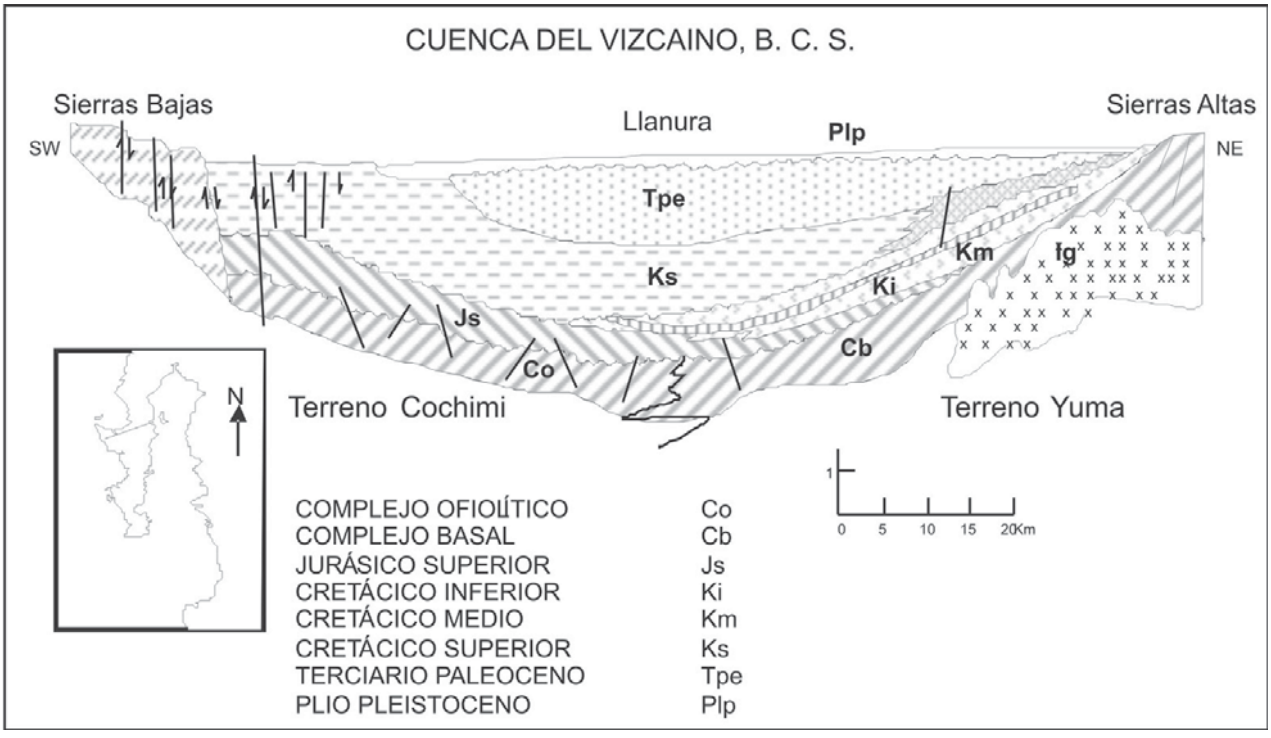


Figura 11. Interpretación a profundidad del sinclinal de la Cuenca del Vizcaíno, según Lozano (1976)(modificada de PEMEX, 1976).

Las formaciones sedimentarias del Jurásico Superior y Cretácico se encuentran plegadas y falladas, conformando estructuras anticlinales y sinclinales orientados NW-SE, paralelos a la costa del Pacífico. En la Formación Eugenia, los pliegues se pueden seguir hasta 15 km a lo largo de su eje, así como en la formación Valle (Mina, 1957; CRM, 1999). El plegamiento que presentan los sedimentos de finales del Cretácico, es menos intenso y muestra una tendencia NW-SE, la fase de deformación es muy probable que haya alcanzado la base del Eoceno, ya que la parte inferior de la Formación Bateque presenta discordancias angulares de carácter local, evidencia que apoya el origen tectónico de acreción del terreno Cochimi. Aunado a esto en la misma parte se observan estructuras tipo "flama" y pequeñas dislocaciones ocasionadas por fallas de empuje que cortan unos cuantos estratos y se interrumpen bruscamente, lo cual denota inestabilidad de la cuenca durante el depósito. Hacia la parte media y superior de esta Formación desaparecen dichos rasgos estructurales lo que indica que la cuenca se estabilizó, a partir de ese lapso solamente ocurrieron levantamientos y subsidencias sin esfuerzos compresivos (INEGI, 1984c).

Franja oriental Cinturón Volcánico miocénico, con rocas volcánicas de la Formación Comondú que forman la cresta de la sierra de la Giganta, y sobreyacen discordantemente a las secuencias sedimentarias marinas del Terciario que afloran más ampliamente en las cuencas del Vizcaíno y Purísima-Iray. Estas secuencias de rocas sobreyacen discordantemente a su vez al terreno Yuma (DGIAI, 1983; Sedlock et, al., 1993; CRM, 1999).

Dentro de esta franja se presentan tres patrones de fallas, el dominante adopta una dirección noroeste-sureste, de las cuales destaca la falla transcurrente de Santa Rosalía; a la que se encuentran asociados los aparatos volcánicos de las Vírgenes, el siguiente patrón de fallas se observa en dirección noreste-suroeste y por último el que va de norte a sur (INEGI, 1984b, d).

En la secuencia de la Formación Comondú, se encuentran acuñamientos y lengüetas de los materiales volcánicos con los detritos derivados de ella (areniscas y conglomerados), que probablemente marca los inicios de la separación del bloque Californiano del resto de la masa continental. Los derrames basálticos se encuentran en posición horizontal, lo que marca un periodo de disminución en las manifestaciones volcánicas que presentan basaltos de tipo acordonado, emitidos por fisuras ya que no se localizan aparatos volcánicos por los cuales hayan sido extruidos (INEGI, 1984 b).

Según la DGIAI (1983), La secuencia que constituye la Formación Comondú no muestra fuertes deformaciones tectónicas; sin embargo, muestra un acentuado levantamiento epeirogénico y un buzamiento de sus estratos ligeramente inclinados hacia el oeste.

La porción sureste de esta franja (Franja oriental), es por mucho una de las mejores estudiadas de la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, esto debido a que el área de Santa Rosalía fue durante muchos años uno de los principales centros de producción de cobre del mundo (Mina el Boleo), así como por los estudios realizados por parte de CFE, en el área volcánica de la Reforma y de las Tres vírgenes debido al interés que existe como campo geotérmico. Estos últimos inician por parte de CFE en 1984 con el estudio geológico, geoquímico y geofísico, que justificaron la perforación del primer pozo exploratorio LV-2. En una segunda etapa (1988) se realizaron nuevos estudios, enfocados a la comprensión de la estructura geológica del sistema hidrotermal para lo cual se han perforado a la fecha siete pozos los cuales han permitido elaborar planos y esquemas de las estructuras geológicas en el subsuelo en los cuales se puede apreciar la complejidad estructural de la región y de cómo ésta es fundamental para entender el emplazamiento de los acuíferos.

Según García-Estrada y González-López (1998), el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes se encuentra en una cuenca NW-SE tipo graben delimitada por fallas normales que afectan al basamento granodiorítico. Los mismos autores mencionan que la cadena de volcanes de dirección NE-SW ocupa la parte más baja de la depresión regional, pero se sitúan sobre un pilar (horst) local del basamento, que junto con otros de menor tamaño actúan como barreras hidrológicas que determinan la dirección del flujo de fluidos dentro del sistema hidrotermal.

Las Rocas más antiguas corresponden a una granodiorita de 91 Ma que aflora en el arroyo Yaqui. Sobre estas se encuentra una secuencia volcano-clástica dividida en dos partes principales, que corresponden a la Formación Comondú y a la Formación Santa Lucia. Los productos volcánicos de ambas unidades son los remanentes de una cadena de estratovolcanes ubicada en la porción oriental de la península. Estos productos se asocian con la estructura

caldérica de Santa Rosalía (López-Hernández, 1998). En esta región se emplazaron tres importantes centros volcánicos durante el Cenozoico: La Reforma, El Aguajito y el complejo de Las Tres Vírgenes. Su emplazamiento estuvo controlado por un conjunto de fallas normales regionales, de dirección NW-SE escalonadas de SW a NE (descendentes hacia la costa), y basculadas al SW (fallas: La Virgen, El Azufre, El Viejo), resultado de la deformación tectónica que origino la separación de la península durante la apertura del Golfo de California (López-Hernández, 1998). Como resultado de esta actividad tectónica se formo la cuenca de Santa Rosalía (depresión tectónica NW-SE) la cual fue invadida por el mar, acumulándose sobre la paleotopografía de la Formación Santa Lucia, las Formaciones del Boleo, La Gloria, El Infierno y Santa Rosalía.

En la zona del campo geotérmico la distribución de estos sedimentos estuvo controlada por la falla El Viejo que funcionó como una barrera para la depositación ya que no se encuentran sedimentos al SW de dicha estructura.

Durante la depositación y posiblemente a causa de los esfuerzos extensionales se emplazaron dentro de la cuenca 2 centros eruptivos (605 Ma) que se comportaron como islas volcánicas (López-Hernández, *et al.,* 1991) y corresponden al núcleo de las sierras de Reforma y Aguajito.

A principios del Plioceno ocurrió un cambio en el régimen tectónico, se inició un episodio de fallamiento lateral dextral orientado NNW que reactivó a las estructuras anteriores y se generaron nuevas estructuras de tipo extensional. Este fenómeno se asocia a los eventos que generaron la migración de la península hacia el NW.

En esta etapa la actividad volcánica de La Reforma se intensificó hace 3.5 Ma. Se inició la formación de un criptodomo generado por una intrusión que levantó a las rocas graníticas (Walker *et al.,* 1993) del Cretácico, hasta 800 m sobre sus alrededores.

Hace 0.7 Ma, los esfuerzos tectónicos hicieron que la actividad eruptiva se desplazara hacia el NW reactivándose el volcanismo en Aguajito. Posteriormente ocurrió un levantamiento de origen magmático similar al de Reforma y de menor magnitud. El empuje vertical fue más acentuado al SW provocando el deslizamiento de grandes bloques y el basculamiento tal como se observa en el cañón El Azufre. La actividad volcánica finalizó hace 0.5 Ma con el emplazamiento de las andesitas de Aguajito y pequeños domos dacíticos al sur del complejo (López-Hernández *el al.,* 1989).

La acumulación de sedimentos en la cuenca de Santa Rosalía fue interrumpida periódicamente por movimientos tectónicos y emersiones locales de origen volcánico que se manifestaron en cambios en el estilo de depositación. Ambos centros volcánicos permanecieron rodeados por el mar hasta hace 1 Ma cuando la línea de costa se retiró primero en la zona de Reforma y más recientemente en su porción NW (W de Aguajito) donde se encuentran evidencias de transgresiones muy recientes en los canales más bajos cerca del rancho San Alberto. En los márgenes de estos complejos los productos volcánicos se interdigitan con depósitos marinos a excepción de los materiales volcánicos con edades menores que 0.8 Ma.

La deformación regional asociada con el desplazamiento de la península fue contemporánea con la actividad volcánica. En la zona, al final del ciclo de Aguajito, se inició el desarrollo de un sistema *pull apart,* común es este tipo de tectónica. Las fallas La Virgen y El Azufre actuaron como los componentes de un esfuerzo de cizalla (Tessier, 1990). Debido a este fenómeno las fallas antes mencionadas se reactivaron con movimientos dextrales y se generó un sistema de fallamiento perpendicular de tipo transtensional de dirección NNE-SSW y' NE-SW que propició el emplazamiento de los volcanes de Las Tres Vírgenes (El Viejo/El Partido, El Azufre y La Virgen) y dio lugar a fallas como El Cimarrón.

Desde el punto de vista estructural el sistema más importante es el conjunto de fallas regionales de dirección NW-SE (fallas: El Azufre, El Volcán, El Viejo y El Partido), las tres últimas basculadas al SW. Se estima que afectan desde la formación Santa Lucía hasta el basamento granodiorítico y se encuentran cubiertas por los depósitos volcánicos y epiclásticos más recientes. El proceso de *pull apart* originó fallas normales u oblicuas de dirección NNE-SSW y NE-SW que no son visibles en superficie, pero juegan un papel muy importante porque en conjunto con las fallas antes mencionadas generaron un sistema de fracturas en el basamento granodiorítico donde se almacenan los fluidos hidrotermales.

Por su parte Angelier *et al*., (1981), mencionan que desde el punto de vista estructural, la cuenca de Santa Rosalía a registrado las principales fases de la evolución tectónica del noroeste de México, durante el Neógeno y el Cuaternario, así como la emersión cuaternaria de la cuenca manifestada por un registro excepcional de una serie de terrazas marinas pleistocenicas (Ortlieb y Colletta, 1984).

Durante el Mioceno, varias fallas normales NW-SE cortaron el substrato volcánico (Grupo Comondú) de la cuenca, provocando una fragmentación en bloques; este episodio de extensión NE-SW corresponde al inicio del sistema de "Basin & Range" en el suroeste de Estados Unidos, y a la instalación de un Proto-golfo de California (Karig y Jensky, 1972). Posteriormente, cerca del límite Mioceno-Plioceno, apareció un régimen compresivo casi N-S, marcado por deslizamientos dextrales y por una reactivación de fallas normales anteriores; esta fase esta ligada con el principio de la actividad transforman te del Golfo de California. Desde entonces, en el Plio-cuaternario, los movimientos deslizantes y extensivos coexisten en la región; las fallas mas recientes de la cuenca de Santa Rosalía, que afectan los terrenos pliocénicos y pleistocénicos, son de dos tipos, normales y deslizantes, o bien de tipo mixto.
Aunque las formaciones sedimentarias neógenas de la cuenca de Santa Rosalía (Boleo, Gloria, Infierno) hayan sido separadas por fases de emersión, y que estén ligeramente discordantes una sobre la otra, parece que durante el depósito de éstas no se registraron movimientos verticales importantes. En particular, es de notarse que después del depósito de la Formación Boleo, las líneas de costa marcando el avance máximo del mar contemporáneo del depósito de las Formaciones Gloria, Infierno y Santa Rosalía son muy cercanas. Sin embargo, esta permanencia de los limites de la cuenca sedimentaria, hasta el depósito de la Formación Santa Rosalía, no puede interpretarse, de una manera precisa en términos de movimientos

verticales, hasta que se conozca exactamente la edad de los depósitos y la posición del nivel marino en cada época del Plioceno y del Pleistoceno Temprano.

En cambio, desde el final del Pleistoceno Temprano, una emersión generalizada de la cuenca y de la región de La Reforma, a sido manifiesta. Afloramientos de la Formación Santa Rosalía se observan actualmente a alturas variando de +170 a +340 m, de tal forma que constituyen los depósitos cuaternarios marinos más elevados de la región del Golfo de California. Como lo indica una serie de terrazas marinas, regularmente escalonadas en la zona costera, este levantamiento del área no fue drástico, sino que a sido progresivo, posiblemente con tazas variando en el transcurso del tiempo (Ortlieb, 1981) Estos movimientos verticales están relacionados esencialmente con la historia volcano-tectónica de la caldera de La Reforma (Demant y Ortlieb, 1981; Demant, 1981, 1984).

Ortlieb y Colletta, (1984), mencionan que de acuerdo al conocimiento actual de la evolución climática, permite considerar que desde final del Pleistoceno Temprano, existió una docena de transgresiones ligadas a períodos de alto nivel marino (interglaciares), tal como lo evidencia la existencia de al menos nueve terrazas marinas en el área de Santa Rosalía, y no dos como lo describió Wilson (1948). Los mismos autores mencionan de acuerdo a una correlación cronoestratigráfica de las terrazas, la cuenca de Santa Rosalía se a estado levantando con una taza de cerca de 260 mm/10^3 años desde hace aproximadamente 1 millón de años hasta 300,000 años, y después con una taza del orden de 130 mm/10^3 años hasta la actualidad.

Freiberg, (1979; 1981; 1983), menciona que la actividad volcánica del campo geotérmico de las Tres Vírgenes jugo un papel crucial en la evolución sedimentaria y en los movimientos verticales de la cuenca de Santa Rosalía.

Franja central Sinclinal Californiano, integra la unidad geomorfológica de Llanura, y estructuralmente conforma a la subcuenca de Vizcaíno (Fig. 11) (Mina,1957; Lozano, 1976), cuyo relleno es de rocas sedimentarias, Cenozoicas y algunas del Mesozoico que cubren a profundidad el contacto entre el terreno Cochimi y Yuma, y las cuales a su vez se encuentran cubiertas en su mayor parte por los depósitos cuaternarios, que impiden detectar en superficie las evidencias estructurales que afectan esta franja.

Mina (1957), en la subcuenca de Vizcaíno, identifico en el subsuelo al norte de la laguna San Ignacio la Formación Valle, la cual cubre a los subterrenos tectonoestratigráficos Vizcaíno Norte y Vizcaíno Sur, y cuyos únicos afloramientos en superficie se encuentran al oeste en la península de Vizcaíno desde Punta Eugenia a Punta Abreojos (franja occidental). En superficie las evidencias de rocas sedimentarias que rellenan la subcuenca del Vizcaíno, corresponden a la Formación Bateque, Formación San Ignacio y Formación Almejas, cuyos afloramientos se encuentran dispersos, restringidos y de poca extensión entre la laguna San Ignacio y Ojo de liebre.

Según CRM (1999), las rocas sedimentarias que constituyen esta estructura presentan

muy poca deformación, la cual disminuye casi totalmente hacia el sur del estado, tal como lo atestigua el paquete sedimentario del Mioceno, en especial la Formación San Raymundo y Monterrey que presentan plegamientos locales muy intensos, que disminuyen su intensidad en localidades relativamente cercanas hasta desaparecer en otros sitios donde los estratos permanecen horizontales, lo que infiere que el plegamiento de estas secuencias fue causado por una tectónica gravitacional durante un levantamiento regional (INEGI, 1984d, b).

La deformación de las rocas sedimentarias se evidencia en la Formación Almejas que aflora al poniente de la laguna San Ignacio y al suroeste de la laguna Ojo de Liebre, en contacto erosional y discordancia angular con las Formaciones Valle y Bateque, y cuyos estratos presentan rumbos que varían de N30º -56º W con inclinación de 3º al NE, estos estratos en el área de Bahía Tortugas (franja occidental), presentan inclinaciones de hasta 65º y discordancia paralela y angular de bajo ángulo sobre la Formación Tortugas, del Mioceno, y las formaciones Eugenia y Valle, del Cretácico, lo cual indica que una parte importante de los movimientos tectónicos a que a estado sujeta esta parte de la cuenca de Vizcaíno se efectuó en el Plioceno Tardío (CRM, 1999).

Otras evidencias de la geología estructural, según INEGI (1984d), se puede inferir en el borde occidental de las mesas Las Salinas, Las Gallinas y la Cordillera, al este de la laguna San Ignacio, ya que el alineamiento de estas mesas está acompañado de vetillas de yeso que son oblicuas a la estratificación lo cual permite inferir un fallamiento tensional ENE-WNW. La misma fuente menciona que en el llano El Coyote se localiza otra falla del mismo tipo con rumbo ENE-WNW, que corta sedimentos de la Formación Valle Salitral del Cretácico Superior, el salto estratigráfico se desconoce para estas dos fallas.

Para el Cuaternario como se a mencionado en la descripción de la franja oriental (Sierras Altas) ocurren varios eventos volcánicos de carácter basáltico-explosivo que se deben a la continua deriva de la península. Así como una subsidencia en las cuencas de Vizcaíno y Purísima Iray, donde se depositaron durante el Plioceno Superior los sedimentos correspondientes a la Formación Almejas y Salada, respectivamente, y en donde la presencia de terrazas marinas de las lagunas de San Ignacio y la Escondida apoyan y atestiguan un período de continuos levantamientos con el consecuente retiro de los mares (INEGI, 1984b). De acuerdo a la distribución y a las características litológicas y estructurales de las unidades de rocas descritas en la franja occidental (Sierras bajas) y oriental, (Sierras altas), se infiere una geología estructural más compleja que la descrita anteriormente para el Sinclinal Californiano, el cual CNA (2002), refiere como acuífero 302 Vizcaíno (Fig. 3 del Capitulo II), cuyas evidencias estructurales, se presupone se encuentran cubiertas en su mayor parte por depósitos Cuaternarios que conforman en superficie a la unidad geomorfológica de llanura. Lo anterior se apoya en las evidencias que permiten reconocer dos fases tectónicas principales de deformación que han afectado la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno. Una compresiva al occidente en los inicios del Cretácico Superior que metamorfizó la secuencia del arco magmático en el Bloque tectónico mesozoico, y una distensiva al oriente que dio

origen al Cinturón Volcánico miocénico la cual esta relacionada con La deformación regional asociada a la apertura del Golfo de California y el desplazamiento de la península hacia el NW, en donde los trabajos estructurales de autores como Kimbrough, 1982; Sedlock et al., 1993; Castro-Leyva et al., 2001, permiten tener un panorama más realista de la complejidad en la franja occidental. Lo cual queda evidenciada con mayor detalle en el área de las Tres Vírgenes (franja oriental), con los trabajos geofísicos de García-Estrada y González-López(1998); Bigurra-Pimentel (1998); Palma-Guzmán (1998), que les permitió identificar un sistema de fallas NE-SW que no son visibles en superficie y que se encuentran asociadas al proceso de *pull apart* que originó fallas normales u oblicuas de dirección NNE-SSW.

La importancia de destacar el detalle de la geología estructural cobra importancia practica en la hidrología subterránea, ya que permite en principio tener una perspectiva real de la geometría de los acuíferos, así como de los aspectos litológicos (tipo de roca o depósito, porosidad, permeabilidad, transmisibilidad) y por consiguiente el volumen flujo y calidad de agua que contienen. De este último es de destacar los cambios de facies en la Cuenca del Vizcaíno que atestiguan depósitos asociados a sedimentación de ambientes marino, continental y mixto en diferentes épocas (Mesozoico al Cuaternario) y cuyo flujo del agua subterránea a través de estos tiende a modificar sus características químicas y por consiguiente su calidad.

Capítulo II

Hidrología de la Reserva de la Biosfera de el Vizcaíno, B. C. S.

Saúl Chávez-López[2]

II.1. Hidrología superficial

La Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno se encuentra en las regiones hidrológicas RH2 Baja California Centro-Oeste, Vizcaíno y RH5 Baja California Centro-Este Santa Rosalía (INEGI, 1983d, 1984e, 1989f, 1996), las cuales se subdividen en cuencas y estas a su vez en subcuencas (Tabla 1, Fig. 1). Ambas regiones se encuentran limitadas por el parteaguas de la Sierra de la Giganta de tal manera que las cuencas de la región hidrológica RH2 drenan sus escurrimientos superficiales hacia la vertiente del Océano Pacifico, y se encuentran influenciadas por la vertiente occidental de la unidad geomorfológica de sierras altas (Sierra de la Giganta), así como por las unidades Geomorfológicas de llanuras y sierras bajas, mientras que los escurrimientos de las cuencas de la región RH5 drena hacia el Golfo de California y se limita a la vertiente oriental de la unidad geomorfológica de sierras altas, por lo que sus cuencas y subcuencas son de menor amplitud y extensión (Fig. 2 del Capitulo I, Fig. 1).

Los escurrimientos son poco significativos debido a la escasa precipitación, la cual en la región de la Biosfera varía de 300 mm en las sierras, y disminuye a 50 mm conforme se desciende hacia la costa (INEGI, 1996). De esta lluvia el 75% se presentan entre los meses de julio a octubre y el 25% restante se concentra en los meses de diciembre, enero y febrero. A esto se suma las elevadas temperaturas y evaporación, ocasionando que la mayor parte del año el agua no fluya, lo que se refleja en una red hidrográfica compuesta por arroyos de régimen intermitente, cuya mayor densidad se presenta en las sierras donde existen pendientes de fuertes a moderadas con drenaje de tipo dendrítico, radial y rectangular, y

[2] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.

cuya densidad disminuye considerablemente a partir de las laderas de las sierras donde la pendiente se reduce, hasta llegar a las llanuras en donde el drenaje adopta un patrón de tipo paralelo. Los arroyos que desembocan en el Golfo de California, son de corto recorrido, producto del relieve escarpado de la vertiente oriental de la Sierra de la Giganta (unidad geomorfológica de Sierras Altas), mientras que hacia la vertiente del Océano Pacifico los arroyos son de mayor longitud, debido a la amplia llanura de El Vizcaíno, sin embargo en ésta porción de la Reserva predominan los depósitos Cuaternarios inconsolidados, que ocasionan que las corrientes se filtren a lo largo de los causes, por lo que muchos arroyos no llegan al mar excepto durante lluvias torrenciales asociadas a eventos ciclónicos que originan grandes escurrimientos los cuales pueden llegar a presentarse en los meses de agosto y septiembre, y cuya ocurrencia aleatoria hace que pierdan significado en la formación de escurrimientos permanentes (INEGI, 1996; CRM, 1999).

En este sentido la cubierta vegetal, también interviene en la cantidad de escurrimiento, al actuar como retardador de éste o bien propiciando la infiltración. La diversidad de vegetación existente, está ligada a la variabilidad climática y con los cambios de latitud y se clasifican en tres rangos de densidad: alta, media y baja, de las cuales las últimas dos son las que caracterizan la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

Como densidad media se tiene el Matorral Sarcocaule, distribuido en toda la región desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm caracterizado por arbustos de tallos carnosos, gruesos que prolifera en las sierras donde el terreno es rocoso y suelo somero.

El rango de baja densidad se distribuye principalmente en zonas de lomeríos y áreas cercanas a la costa donde se desarrolla el matorral crasicaule y el cardonal, tipos vegetativos dominados fisonómicamente por cactáceas grandes características de zonas áridas y semiáridas, donde quedan englobadas la vegetación de desiertos arenosos, matorral desértico micrófilo y matorral inerme. La vegetación Halófila, y de Dunas Costeras, esta distribuida en la franja costera en donde también es común observar amplias áreas sin vegetación, debido a efectos de erosión o suelos afectados por salinidad.

Según INEGI (1996), en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno se identifican rangos de escurrimiento de entre 5 y 10 % distribuida principalmente en las Sierras altas y bajas, con lluvias superiores a los 200 mm, y donde existen estratos rocosos con superficie y pendientes fuertes, así como baja permeabilidad y densidad de vegetación, mientras que los coeficientes menores a 5%, se presentan en materiales altamente permeables, con vegetación de mediana y baja densidad y una precipitación menor a los 50 mm, que se distribuye principalmente, en los valles intermontanos, llanuras y franja costera así como en zonas en donde existe material rocoso altamente fracturado y alterado (Fig. 1).

Lo anterior evidencia que los aspectos geomorfológicos así como la intensidad y frecuencia de la precipitación y la rapidez con que el suelo se satura, son aspectos esenciales para que se produzcan escurrimientos los cuales para el área de la Reserva de la Biosfera de

Tabla 1. División hidrológica en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.
* Datos de áreas reportados en INEGI (1996), ** Datos de áreas reportados en SGM (1999).

REGION	CUENCA	SUBCUENCA
RH2 Baja California Centro – Oeste (Vizcaíno) (25778 km²) (25924.539 km²)* (25892 km²)**	A L. San Ignacio – A. San Raymundo (11187 km²) (14666.102 km²)*	c A. San José de Gracia (1051 km²)
		d A. San Benito (1079 km²)
		e A. San Patrocinio (1416 km²)
		f R. San Ignacio (2954 km²)
		g L. San Ignacio (2654 km²)
	B San Miguel – A. del Vigía (14591 km²) (11258.437 km²)*	a A. Del Vigía (1753 km²)
		b L. Scammon (7328 km²)
		c Las Lagunas (2648 km²)
		h Puerto San Bartolomé (2862 km²)
RH5 Baja California Centro – Este (Santa Rosalía) (4836 km²) (4884.76 km²)* (4927 km²)**	A A. La Trinidad – A. Mulegé (4602 km²) (4665.937 km²)*	e Sta. Rosalía (1104 km²)
		f A. Sta. Ana (549 km²)
		g A. La Trinidad (615 km²)
	B Sta. Isabel y Otros (234 km²) (218.825 km²)*	a El Barril (234 km²)

El Vizcaíno se resumen según INEGI (1996), en la tabla 2, evidenciando una hidrología superficial poco significativa.

Sin embargo los aspectos fisiográficos y geológicos de las regiones hidrológicas hacen que éstas cobren cierta importancia en cuanto a la distribución y acumulación de agua subterránea, teniendo por una parte a las sierras como zonas de recarga y por otra a los valles como zonas de almacenamiento, por lo tanto estos últimos constituyen potenciales acuíferos.

A este respecto la permeabilidad es un factor importante y esta relacionado directamente con la litología y su control estructural. De esta manera las unidades litológicas, determinan

en principio las propiedades geohidrológicas que rigen la conformación de los depósitos acuíferos en el subsuelo y las cuales están dadas por la porosidad, permeabilidad y capacidad volumétrica de la unidad litológica contenedora, que en suma definen distintas unidades con posibilidades geohidrológicas, así como su distribución y extensión.

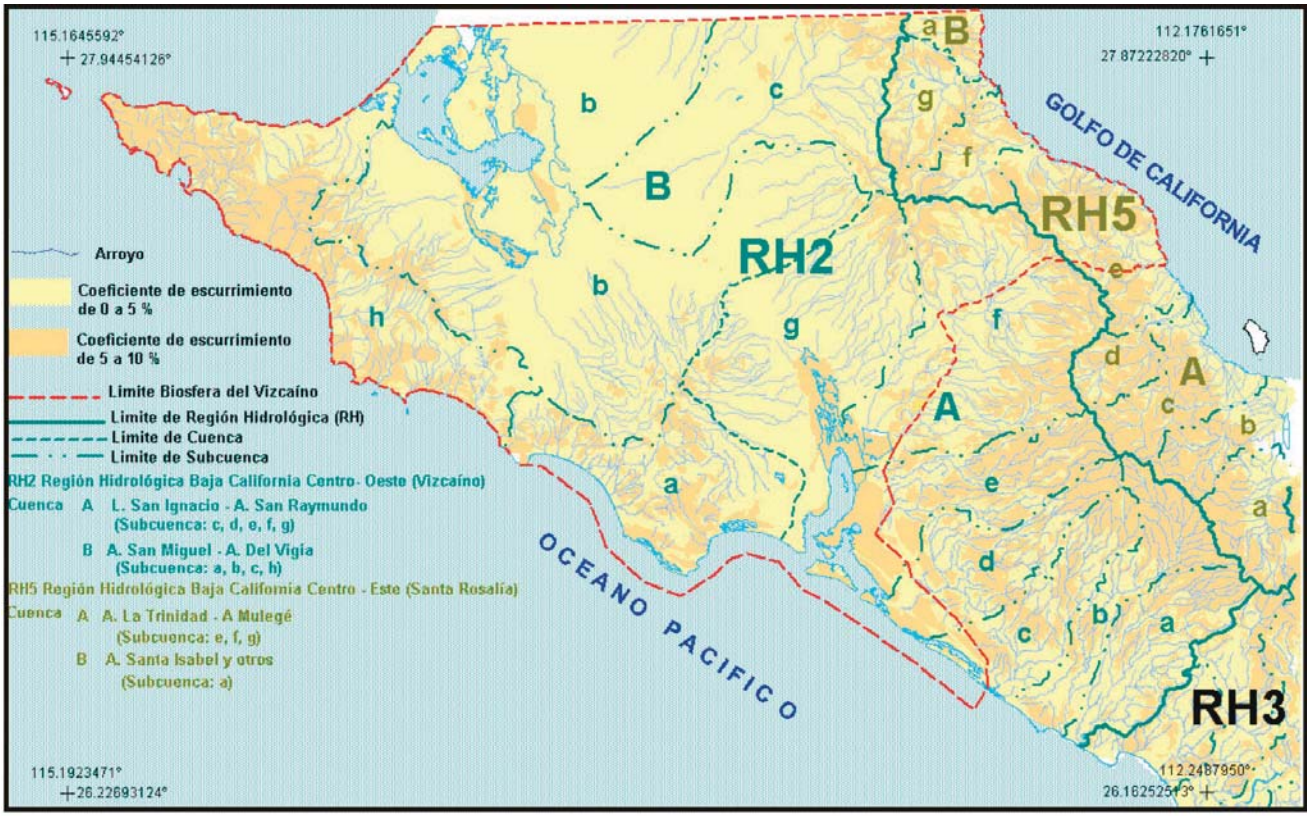


Figura 1. Regiones hidrológicas, cuencas, subcuencas y unidades de escurrimiento en el área de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

Una primera aproximación para determinar la distribución y extensión del agua en el subsuelo de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno se presenta en la figura 2, como unidades geohidrológicas, las cuales INEGI (1983a, 1984b, 1989c, 1996) clasifica según las características físicas e hidrológicas de los materiales, como material consolidado y no consolidado con posibilidades altas, medias y bajas para funcionar como acuífero.

El rango de permeabilidad baja, incluye todos los materiales con alto contenido en arcilla, escaso fracturamiento y poros incomunicados, y se asocia tanto a material no consolidado como consolidado; Los depósitos no consolidados son de origen palustre y lacustre, ubicados en las planicies y franja costera, principalmente formando las marismas de las lagunas costeras, donde la inundación por efecto de la marea ocasionan la saturación del suelo. Dentro de esta unidad se encuentran conglomerados y areniscas, con intercalaciones

Tabla 2. Volúmenes de Escurrimiento en las cuencas de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (Modificada de INEGI, 1996).

Región Hidrológica	Cuenca Hidrológica	Area dentro del Estado (km^2)	Precipitación Media Anual en Cuenca (mm)	Volumen Medio Anual Precipitado Millones (m^3)	Coeficiente de Escurrimiento en %	Volumen de Escurrimiento Anual Millones (m^3)
RH2 Baja California Centro-Oeste (Vizcaíno)	L. San Ignacio A. San Raymundo (A)	14666.102	70.653	1036.215	3.59	37.293
	San Miguel A. del Vigía (B)	11258.437	118.848	1338.046	5.351	71.599
RH5 Baja California Centro-Este (Santa Rosalía)	A. La Trinidad A. Mulegé (A)	4665.937	159.260	743.101	5.614	41.721
	A. Santa Isabel y Otros (B)	218.825	96.428	21.101	0.847	4.018

de arcilla y yeso estos depósitos se ubican al pie de las sierras o en afloramientos aislados de poca extensión. De igual manera se incluyen los depósitos Cuaternarios de aluvión compuestos de arenas muy mal seleccionadas de grano medio a grueso y con altos porcentajes de limo y arcilla, los cuales se localizan en valles de arroyos estrechos y de espesor reducido, por lo que estos materiales no conforman acuíferos económicamente explotables, sin embargo existen aprovechamientos por medio de norias con nivel estático hasta de 4 m y gasto muy reducido.

En cuanto a la Unidad de material consolidado, se asocia en su mayoría, a las sierras altas y bajas. Está constituida por rocas metamórficas e ígneas intrusivas como extrusivas de distintas edades y en menor medida se tienen rocas sedimentarias de origen marino, continental y mixto, del Jurásico al Terciario. La permeabilidad de estas rocas, es casi nula, aunque presentan fracturamiento significativo rellenado con material arcilloso, por lo que no forma permeabilidad secundaria importante.

De las rocas metamórficas, destaca el Complejo Ofiolítico de la Península del Vizcaíno, cuyas unidades presentan falllamiento y fracturamiento de intenso a moderado, e intemperismo somero. A estas rocas se asocia una serie de manantiales de gasto reducido, localizados comúnmente en trazas de fallas y fracturas.

Las rocas ígneas intrusivas son apófisis de un cuerpo de granito de grandes dimensiones que forma cerros aislados en el centro sur y norte de la región de la Reserva

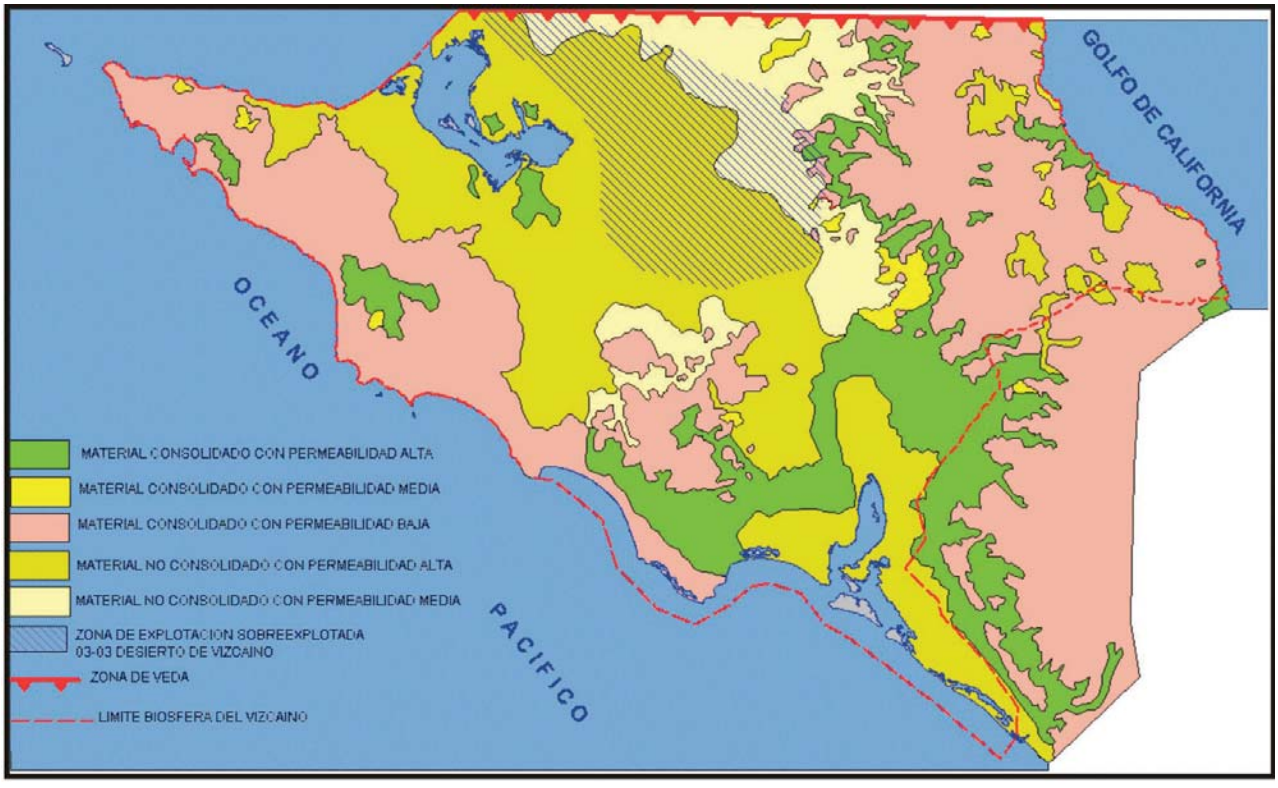


Figura 2. Unidades Geohidrológicas en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

de la Biosfera de El Vizcaíno, mientras que en la porción de la Península del Vizcaíno estas se ubican en las sierras bajas y corresponden a gabro con cierto grado de serpentinización. Las rocas ígneas extrusivas son más numerosas, con rangos del Jurásico al Cuaternario y están representadas por piroclastos y derrames, los primeros asociados irregularmente a arenisca y conglomerado formando rocas volcanosedimentarias; los piroclastos son tobas y brechas soldadas y disgregadas que forman mesetas y cerros con pendientes pronunciadas; los derrames son de riolita y basalto, se les encuentra intercalados con los piroclastos o en forma aislada. Presentan intemperismo somero a profundo y fracturamiento que varía de escaso a moderado, tienen permeabilidad de baja a media, y geohidrológicamente funcionan como barreras del flujo subterráneo, aunque en los basaltos fracturados intensamente y tobas y brechas sueltas funcionan como zonas de recarga.

Las rocas sedimentarias están formadas por caliza, yeso, bentonita, coquina, lutita, arenisca y conglomerado; su depósito es de ambiente marino, continental y mixto. La caliza es aporcelanada y fosilífera, la primera es compacta y la segunda se encuentra en ocasiones de consistencia suelta; el yeso se encuentra en capas delgadas a gruesas; la lutita tiene estratificación delgada y laminar, varía de calcárea a arenosa, es deleznable; la limonita se presenta en estratos delgados y medianos; la arenisca se encuentra dispuesta en estratos delgados a medianos, en partes con estratificación cruzada, su granulometría varía de fina a gruesa, en algunos lugares se encuentra bien cementada con material calcáreo; el

conglomerado tiene cantos redondeados a subredondeados, es polimíctico y pobremente cementado en matriz arenosa.

El relieve que integran es de cerros, lomeríos de pendiente suave, mesas y terrazas, sus afloramientos se localizan principalmente en el sur y oeste del área de la Reserva.

Las unidades de material no consolidado con permeabilidad media se encuentran formadas por arenisca, arenisca-conglomerado y conglomerados del Terciario. La litología sobresaliente es de sedimentos areno-arcillosos y en menor medida conglomeráticos. Estos depósitos presentan inmadurez textural y los clastos están mal clasificados, pero el contenido de material limo-arcilloso impide el desarrollo de una buena permeabilidad. Esta unidad aflora principalmente en la zona noreste de la llanura del Vizcaíno, así como al sur del poblado del mismo nombre.

El aluvión del Cuaternario se encuentran rellenando valles y a lo largo de arroyos consiste de limo, arena y grava, su espesor es variable y los acuíferos que se desarrollan en estos depósitos son de tipo libre y se explotan por medio de norias y pozos, cuyos niveles estáticos varían de 1 a 35 m y de 3 a 48 m respectivamente. La recarga se lleva a cabo por los escurrimientos y arroyos que bajan de la sierra.

La unidad de material consolidado con permeabilidad media, aflora en áreas muy reducidas, tanto en la parte norte, centro sur, y al norte de Bahía Asunción. Las rocas que presentan este comportamiento. son principalmente de tipo sedimentario; tales como areniscas, conglomerados e intercalaciones de limonita-arenisca del Terciario. La mala compactación, clasificación e inmadurez textural en las areniscas, dan como resultado una permeabilidad de media a baja. La limonita es arenosa y calcárea, compacta no cementada y de estratificación delgada y media; la arenisca es de grano medio, fosilífera, compacta, en parte cementada presenta lentes de conglomerado y fracturamiento moderado.

Además, de rocas sedimentarias que pertenecen a esta unidad, se tienen rocas volcánicas máficas, principalmente basaltos, brechas basálticas y tobas de la misma composición, que generalmente se encuentran con fracturamiento moderado y su expresión topográfica es de lomeríos distribuidos profusamente en toda la región así como relacionados a edificaciones volcánicas. En esta unidad se conforman acuíferos de tipo libre y confinado, que son explotados principalmente con norias de niveles estáticos que varían de 4 a 22 m y gastos reducidos.

La permeabilidad alta se presenta en depósitos inconsolidados del Cuaternario, con alta porosidad, y transmisibilidad. Se localizan principalmente en las zonas bajas de la llanura de El Vizcaíno y en la franja costera del Pacífico y Golfo de California, así como en valles intermontanos. Las características de esta unidad ocasionan que sea la que aloja a la gran mayoría de los depósitos acuíferos.

Litológicamente esta unidad se constituye por todo tipo de depósitos sedimentarios y suelos, de diferentes texturas y diferentes fases químicas. La inmadurez textural y la mala clasificación de los clastos, le dan una permeabilidad de buena a regular, aquí se incluyen los

depósitos de materiales detríticos sueltos representados por areniscas, conglomerados, suelos tipo aluvial y eólico, que se encuentran como relleno de los valles de la entidad, también quedan incluidos en este rango, los basaltos muy fracturados e intemperizados.

Los sedimentos de origen aluvial están constituidos por arena y grava, cuyo espesor es variable; la arenisca es de grano medio a grueso, mal compactada y sin cementar; el conglomerado es polimíctico, de cantos redondeados a subredondeados, mal compactado y mal clasificado con matriz arenosa; esta unidad constituye planicies y lomeríos de pendiente suave, está expuesta principalmente en el desiertote Vizcaíno.

En el material consolidado con permeabilidad alta incluye las formaciones litológicas compuestas por areniscas y conglomerados terciarios, areniscas del Cretácico Superior, areniscas y tobas arenosas del Terciario. Estas rocas presentan buena permeabilidad, debido a la mala compactación que tienen los materiales clásticos, además de su inmadurez textural y mala clasificación. Esta unidad aflora de forma muy limitada en la sierra Placeres, alrededores de laguna San Ignacio. en los poblados Cadeje del Pacífico, La Purísima y El Pabellón. En esta unidad se incluyen rocas metamórficas de la Península del Vizcaíno así como ígneas intrusivas y extrusivas cuya mayor extensión cartografiada, se ubica en gran parte de la sierra de La Giganta, principalmente en el flanco este, hacia el Golfo de California, y cuyas rocas presentan fallamiento e intenso fracturamiento, que le confieren permeabilidad secundaria a través de la cual brotan manantiales de gasto muy reducido. La existencia de estos manantiales no significa que la roca pueda actuar como acuífero, ya que su funcionamiento geohidrológico es como barrera al flujo subterráneo.

Los acuíferos desarrollados en general son de tipo libre y la recarga proviene de aguas meteóricas y lateralmente por el escurrimiento que llega de las zonas montañosas y se infiltra en los depósitos de pie de monte, el agua se extrae por medio de pozos con niveles estáticos que fluctúan en el valle de Vizcaíno entre 6.5 a 44 m y norias de 3.5 a 8 m; en el valle de Mulegé el nivel estático varia de 9 a 59 m.

II.2. Hidrología subterránea

Según las unidades geohidrológicas de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno descritas anteriormente, los acuíferos están incluidos en secuencias granulares no consolidadas cuyas edades van del Terciario al Reciente. La permeabilidad de estos depósitos varía de alta a media y los acuíferos manifiestan un comportamiento geohidrológico de tipo libre, aunque por las características estructurales de la región, existen, depósitos de tipo confinado y semiconfinado (INEGI, 1996). El manantialismo se presenta en zonas de montaña, en formaciones rocosas donde la permeabilidad secundaria permite la filtración del agua precipitada, que posteriormente es liberada en volúmenes muy poco significativos de manera gradual hacia zonas topográficas bajas, en donde constituye un aliciente importante en aquellas comunidades que no cuentan con obras hidráulicas (INEGI, 1996).

El Sistema de Información Geográfica del Agua, dependiente de la CNA (SIGA, 2007),

para la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, ubica 5 zonas geohidrológicas de explotación de agua subterránea, tres de ellas en contacto con el Océano Pacífico y dos con el Golfo de California, las primeras tres corresponden a la 302 Vizcaíno, 301 Punta Eugenia y 303 San Ignacio, y las otras dos a la 339 Paralelo 28 y 338 Las Vírgenes (tabla 3, Fig. 3). En su mayoría estas zonas INEGI (1996), las refiere como valles sin embargo esto no significa que dichas zonas se interpreten como compuestas por un solo acuífero ya que se encuentran influenciadas por los aspectos fisiográficos, geológicos, estratigráficos y estructurales, los cuales rigen las propiedades geohidrológicas de los materiales así como la conformación y calidad de agua de los acuíferos, lo que permite que su descripción se apoye en los aspectos geomorfológicos.

Tabla 3. Resumen de las zonas geohidrológicas en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

ESTADO	CLAVE	NOMBRE	REGION HIDROLOGICA	SUBREGION HIDROLOGICA	CUENCA
BCS	302	VIZCAINO	02	B.C. CENTRO-OESTE	A. SAN MIGUEL-A. EL VIGIA
BCS	301	PUNTA EUGENIA	02	B.C. CENTRO-OESTE	A. SAN MIGUEL-A. EL VIGIA
BCS	339	PARALELO 28	05	B.C. CENTRO-ESTE	SANTA ISABEL Y OTROS
BCS	338	LAS VIRGENES	05	B.C. CENTRO-ESTE	A. PATERNA-A. MULEGE
BCS	303	SAN IGNACIO	02	B.C. CENTRO-OESTE	L. SAN IGNACIO-A. SAN RAYMUNDO
BCS	337	SANTA ROSALIA	05	B.C. CENTRO-ESTE	A. PATERNA-A. MULEGE

Zona geohidrológica 301 Punta Eugenia (Fig. 3**)**: En su geomorfología destacan las Sierra de San José de Castro y Santa Clara (sierras bajas), separadas por parte de la llanura del desierto de El Vizcaíno (FIG. 2 del Capitulo I), y cuyo relieve conforma las subcuencas denominadas como Puerto San Bartolomé (h) y Arroyo del Vigía (a) (tabla 1, Fig. 1), aspectos que sumados a su geología y geología estructural (Franja occidental Bloque tectónico mesozoico, Fig.10 del Capitulo I), evidencian la complejidad en la distribución del agua subterránea en dicha zona, la cual desde luego no se encuentra alojada en un solo acuífero. Otras evidencias de lo anterior, están dadas por las unidades geohidrológicas (Fig. 2), en donde para esta zona predomina el material consolidado con permeabilidad baja, seguido del consolidado con permeabilidad alta, y en menor proporción el no consolidado con permeabilidad media, los cuales a su vez condicionan la cantidad de agua que puede ser acumulada en el subsuelo.

Según INEGI (1996), los acuíferos en esta zona son de tipo libre y semiconfinado asociados a la porción de la llanura del Vizcaíno y a las sierras antes mencionadas respectivamente. Dichos acuíferos se encuentran en areniscas-conglomerados del Cretácico Superior (Formación Valle) y en limolita-arenisca del Plioceno (Formación Almejas), ambas de origen marino, cuya calidad de agua se reporta como salada.

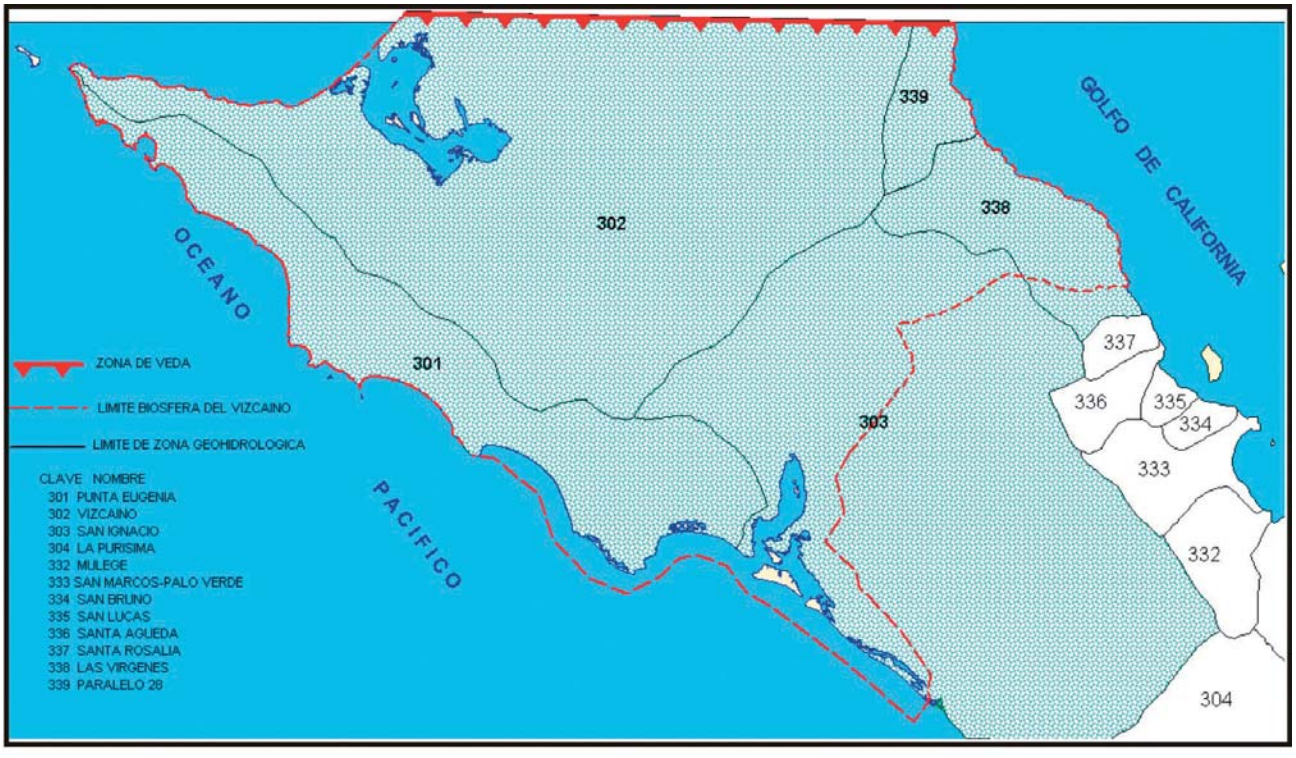


Figura 3. Zonas Geohidrológicas en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

Zona geohidrológica 302 Vizcaíno (Fig, 3): Ocupa la cuenca "B" (San Miguel – Arroyo del Vigía), de la región hidrológica RH2, cuyos escurrimientos se presentan a través de las subcuencas Las Lagunas (c) y Laguna Scammon (Ojo de Liebre "b")(Fig. 1). Esta zona se encuentra influenciada por el relieve de tierras bajas integradas por las unidades geomorfológicas de llanura y franja costera, en donde destaca la laguna costera Ojo de Liebre (FIG. 2 del Capitulo I).

Estructuralmente corresponde a la Subcuenca Vizcaíno o Sinclinal Californiano (Fig.10 y 11 del Capitulo I) que se encuentra cubierto por las unidades geohidrológicas de materiales no consolidados de permeabilidad media y alta (Fig. 2), aspectos que han condicionado que la zona Vizcaíno sea la más importante desde el punto de vista de la hidrología subterránea, ya que en esta zona se encuentran concentrados la mayoría de los pozos y norias de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno.

INEGI (1996), CNA (2002), mencionan que el acuífero del Valle el Vizcaíno se encuentra en una secuencia sedimentaria del Plio-Pleistoceno, y depósitos del Reciente, de ambiente

marino, continental y mixto. Ambas fuentes refieren el acuífero como tipo libre. INEGI (1996) refiere una litología integrada por estratos de arena, arcillas, areniscas, tobas, evaporitas, conglomerados, caliza y areniscas fosilíferas, así como depósitos aluviales compuestos por arena y grava, que se encuentran hacia la parte media de la llanura, y de coluvión integrados por limo, arena y grava hacia las bajadas de las sierras. La misma fuente refiere que estos depósitos en la mayor parte de la llanura del Vizcaíno cubren a las rocas sedimentarias del Plio-Pleistoceno (INEGI, 1983a; 1996), las cuales presentan buena permeabilidad con una transmisibilidad que varía entre 0.5 a 97.5 X 10^{-3} m^2/s, y son comunes los valores entre 18 a 30 X 10^{-3} m^2/s.

CNA (2002) por su parte refiere la cuenca de El Vizcaíno conformada como un subsistema de acuíferos, formados en su mayor parte por arenas y gravillas con intercalaciones de arcilla con diferentes características de compactación en los primeros 100 m, variando hasta 250 m en la porción central del valle (llanura) (Fig. 4), con un coeficiente de almacenamiento de 6.2% y una transmisibilidad media de 36.4xl0^{-3} m^2/s.

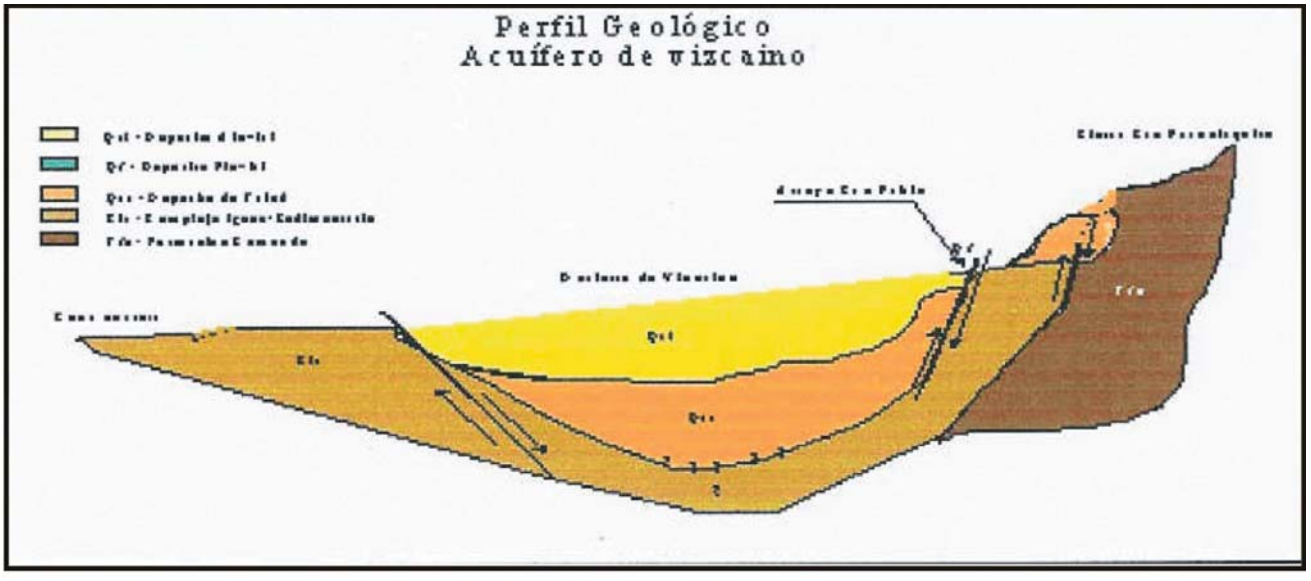


Figura 4. Esquema estructural y geofísico del acuífero Vizcaíno según CNA 2002.

La recarga que recibe este acuífero, proviene principalmente de la infiltración de la lluvia, de 24.64 Mm^3/año, que se distribuyen en su porción norte, en menor proporción el oriente y precipitaciones mayores en su zona de planicie.

Su entrada vertical calculada para el periodo Abril de 1978 a marzo de 1979 es de 24.64 Mm^3 en un área de 406 km^2, a lo que se suma el volumen que escurre superficialmente a través de sus principales arroyos, ya que estos desaparecen dentro del sistema sin descargar a la línea de costa, cuya filtración calculada se presenta como el producto de el volumen precipitado de 1,604.88 por su coeficiente de escurrimiento del orden de 0.010, dando una filtración de 16.05 Mm^3/año.

La misma fuente, refiere que la pérdida por evapotranspiración y la barrera lateral

integrada por el flanco occidental del sinclinal californiano no permite salida al flujo subterráneo hacia la línea de costa.

CNA (2002) menciona que en el calculo del balance no se considero salidas por Evapotranspiración, sin embargo se estima que en su parte baja al no presentar salida deba estimarse una perdida del orden del 75% de su valor potencial de 2000 mm anual a una profundidad máxima de 10 m, pudiendo estimarse que para una línea de costa de 85 km en un ancho de 5 km, su valor promedio estimado sea 4.25 Mm^3/año.

Según CNA (2002), el volumen drenado hacia la parte baja de cada zona en el periodo 1978-1979 fue el siguiente:

Menciona que a la fecha parte de este volumen es captado por pozos que se ubican actualmente en la parte baja del acuífero, conocida como La Cantina que es zona de salida al acuífero y que por las condiciones prevalecientes es de afirmarse que no existe salida de flujo subterráneo hacia la laguna ojo de liebre.

CNA (2002), para el censo de 1978 reporta un total de 162 obras de explotación, correspondientes a 94 Pozos con profundidad varió entre 25 y 150 m, y 68 Norias con un rango de profundidad entre 10 y 20 m. Del total de las obras 73 se encuentran inactivas y de los 89 restantes 80 son para uso Agrícola y 9 para uso domestico y abrevadero.

INEGI (1996), para el año de 1991 reporta una infraestructura extractiva de agua subterránea de 164 obras, haciendo posible extraer 41.9 millones de m^3 de agua al año, sin embargo, la recarga estimada es de 40.0 millones de m^3, generando con ello un déficit de 1.9 millones de m^3.

CNA (2002), refiere para el censo de diciembre de 1998, 252 pozos de los cuales 122 son de uso agrícola, 123 publico urbano (A. P.), 6 de servicios y 1 doméstico. De igual forma reporta extracción promedio de 1993 a 1999 de 38.47 Mm^3/año (tabla 4).

Tabla 4. CNA (2002), promedio de extracción en el acuífero Vizcaíno de 1993 a 1999.

Año	Volumen (Mm^3/año)
1993	39.9
1994	40.0
1995	38.5
1996	35.0
1997	40.4
1998	39.1
1999	37.4

La cuantificación del agua subterránea según balance volumétrico basado en el principio de

conservación CNA (2002), lo refiere como cambio de almacenamiento (Δvs) = -2.03 Mm^3/ año.

Para el cálculo de la disponibilidad del agua subterránea CNA (2002), aplica el procedimiento indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-0II-CNA-2000. De esta manera CNA (2002), refiere la recarga total media anual, como la suma de todos los volúmenes que ingresan al acuífero, en forma de recarga natural más la recarga inducida, que para el acuífero Vizcaíno es de 40.69 millones de metros cúbicos por año (Mm^3/año). Mientras que la descarga natural comprometida se considera de 5.00 Mm^3/año, así como el volumen anual concesionado, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), de la Subdirección General de Administración del Agua, al 30 de abril de 2002, de 37,398,865 m^3/año.

Por lo tanto la disponibilidad de aguas subterráneas es de -1,708,865 m^3/año lo que indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en la unidad hidrogeológica denominada acuífero Vizcaíno en el Estado de Baja California Sur, coincidiendo tanto INEGI (1996) como CNA (2002), en que el acuífero Vizcaíno se encuentra sobreexplotado

Zona geohidrológica 303 San Ignacio (Fig. 3): ocupa la cuenca "A" (Laguna San Ignacio – Arroyo San Raymundo), de la región hidrológica RH2, cuyos escurrimientos se presentan a través de las subcuencas Laguna San Ignacio (g), Rancho San Ignacio (g), arroyo San Patrocinio (e), arroyo San Benito (d) y arroyo San José de Gracia (c) (Fig. 1). Al igual que la zona geohidrológica Valle el Vizcaíno se encuentra influenciada por el relieve de tierras bajas integradas por las unidades geomorfológicas de llanura y franja costera (FIG. 2 del Capitulo I), y de igual manera corresponde estructuralmente a la Subcuenca Vizcaíno o Sinclinal Californiano (Fig.10 y 11 del Capitulo I). Sin embargo el área de la llanura en esta porción de la Reserva se reduce hacia el área de la laguna costera de San Ignacio, donde se forma un corredor entre esta área y la del Valle del Vizcaíno, por la presencia hacia el este de la Sierra de la Giganta (sierras altas) y hacia el oeste por la Sierra Santa Clara (sierras bajas) (Fig. 2 del Capitulo I). La complejidad estructural de esta zona geohidrológica, se manifiesta en superficie hacia la porción de las sierras que integran esta cuenca, por un intenso fracturamiento y fallamiento que confiere a las rocas permeabilidad secundaria y que las ubica como una unidad geohidrológica de material consolidado con permeabilidad alta (Fig. 2). Hacia la parte de la llanura dicha complejidad estructural se encuentra cubierta por las unidad geohidrológica de materiales no consolidados de permeabilidad alta. Según INEGI (1996), el acuífero es de tipo libre y el nivel estático varía en relación directa a la elevación topográfica, por lo que el flujo de agua subterránea, se da de la zona peninsular hacia el mar.

CFE (1991), se refiere para esta zona geohidrológica (303), como Cuenca San Ignacio, en la cual ubica hacia su mitad suroriental dos manantiales, cinco norias y siete pozos estos últimos ubicados en el Ejido Bonfil, así como la construcción de un bordo para almacenar

agua, con una capacidad aproximada de 50,000 m^3 que ocupa un área de 70000 m^2, en materiales aluviales de baja permeabilidad, y cuya agua se utiliza para riego desde 1980.

Con los niveles estáticos de febrero de 1988 CFE (1991) traza líneas equipotenciales para determinar el flujo del agua subterránea en la cuenca de San Ignacio, y menciona como la mayor elevación la línea equipotencial de 350 msnm, al pie de la Sierra de Santa Lucia (sierras altas), con orientación N-S a NW-SE, por lo que la dirección del flujo de agua subterránea es en general de oriente a poniente, situación que se mantiene hacia la porción central de la cuenca, en donde se ubica la batería de pozos profundos del Ejido Bonfil, considerando como zonas de recarga las sierras de San Jorge, San Francisco, Santa Lucia y la misma planicie. De tal manera que en esta zona el movimiento de agua en el acuífero también se presente muy parecido a las direcciones de escurrimientos superficiales con dirección preferente de norte a sur, siendo el parteaguas subterráneo igual al superficial.

CFE (1991) estima para la Cuenca de San Ignacio (área 1106 km^2) un volumen promedio anual de 121.7 millones de m^3 de agua de lluvia. De igual forma se menciona que este volumen es muy variable en tiempo, ya que puede ir de cero cuando hay años sin lluvia a unos 337.3 millones de metros cúbicos para años como el de 1982, con precipitaciones de 305 mm.

La misma fuente refiere que entre el 65 a 70 % de la cuenca presenta coeficiente de escurrimiento de 0 y 5% y el resto de la cuenca (30 a 35%) presenta coeficientes de 5 a 10%, por lo que en conjunto el coeficiente de escurrimiento medio es de 2.9%, lo cual representa para la cuenca un volumen medio de escorrentía de 3.5 Mm^3/año.

En cuanto a la evaporación CFE (1991), la calcula como evapotranspiración "real" con un valor de 114.8 mm. De tal manera que la evapotranspiración "real" para la cuenca de San Ignacio presenta un déficit de 4.8 mm por año en promedio. El cual puede ser tan variable como la precipitación, pudiendo llegar a cero en años sin lluvia, o volverse un excedente hasta de 5.7 mm, ya que por ejemplo para el año de 1981, habría habido una infiltración (recarga del acuífero) de poco más de 6 millones de m^3, en la cuenca.

CFE (1991) destaca como información el manejo del agua de los pozos del Ejido Bonfil y del bordo de San Ignacio, y menciona que desde el ciclo de cultivo de 1980-81, los pozos del Ejido Bonfil empezaron a utilizarse para regar las primeras 60 hectáreas sembradas, lo cual implico la extracción de 309,600 m^3 de agua del acuífero, equivalentes a una lamina media de poco mas de medio metro, mientras que en la presa se calculo, en todo el ciclo, un volumen de 2.1735 Mm^3. Para el último ciclo de cultivo para el que hay datos (1985-86), el área sembrada en el Ejido Bonfil se duplico, pero la extracción de agua subterránea se quintuplico al pasar a 1.6042 Mm^3, implicando una lamina media de 1.336 metros, en cambio la utilización del agua del bordo y la superficie sembrada en San Ignacio se mantuvo constante. El poco más de millón y medio de metros cúbicos extraídos del acuífero equivalen al empleo de solo tres de los pozos del Ejido Bonfil (con un gasto en conjunto de

96 l/s) durante casi seis meses y medio, lo que significa que el ejido tiene una disponibilidad de agua suficiente para duplicar la superficie de siembra del ciclo 85-86.

Zona geohidrológica 339 Paralelo 28 y 338 Las Vírgenes (Fig. 3): Ambas zonas se ubican en la vertiente oriental de la Sierra de la Giganta (sierras altas, Fig. 2 del Capitulo I), ocupando parte de la cuenca "B" (Arroyo Santa Isabel y otros) y "A" (Arroyo La Trinidad - Arroyo Mulegé) respectivamente y de las cuales en el área de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno solo inciden las subcuencas El Barril (a), Santa Rosalía (e), y las de los arroyos Santa Ana (f) y La Trinidad (g), de la región hidrológica RH5 que drena hacia el Golfo de California (Tabla 1, Fig. 1), estructuralmente corresponden a la Franja oriental Cinturón Volcánico miocénico (Fig. 10 del Capitulo I). En estas zonas geohidrológicas predominan las rocas ígneas extrusivas y volcanosedimentarias del Mioceno al Pleistoceno. Por sus características topográficas y litológicas esta unidad es considerada como zona de recarga de los acuíferos de la región hidrológica RH5, ya que predomina el material consolidado con permeabilidad baja (Fig. 2). Las escasas obras hidráulicas en esta zona, se encuentran ubicadas en pequeños valles intermontanos y fluviales donde los materiales son consolidados y no consolidados con permeabilidad alta. La buena permeabilidad del material consolidado se encuentra asociado a un intenso fracturamiento y fallamiento que confiere a las rocas permeabilidad secundaria generando manantialismo y al mismo tiempo manifiesta la complejidad estructural de ésta zona geohidrológica.

De manera particular el acuífero de la zona conocida como Valle las Vírgenes, INEGI (1996), lo refiere en depósitos de origen aluvial (Cuaternarios) que se encuentran bajo los arroyos; por lo que predominan las arenas y gravas, así como en rocas volcánicas (andesitas, basaltos e ignimbritas) y vulcanoclásticas de la formación Comondú, con permeabilidad secundaria, y en donde las obras hidráulicas alcanzan los 70 y 250 m de profundidad. El nivel estático para el mismo año fluctuó de 5.0 a 90.0 m, profundidad que aumento, conforme a la elevación topográfica.

La misma fuente refiere que para 1991, la infraestructura en el valle Las Vírgenes fue de 53 obras, que en conjunto con los valles de Santa Rosa y Santa Agueda tuvieron una extracción de 0.4 millones de m^3, y la recarga calculada para esa zona fue de 1.6 millones de m^3, lo que generó un acuífero sobreexplotado.

CFE (1991) describe la zona geohidrológica 338, mediante tres cuencas hidrográficas, Santa Ana, La Reforma y El Yaqui:

Para la cuenca Santa Ana, reporta la presencia de manantiales termales El Azufre, Agua Agria y Agua Caliente, así como uno en el rancho La Palma en donde también brota uno de agua fría así como en las rancherías San Alberto y Santa Ana, en donde además se encuentra una noria. Los gastos registrados en estos manantiales fueron: La Palma con 6 litros por segundo, San Alberto menos de 0.5 l/s, Agua Caliente entre 1.0 y 0.5 l/s, para Los manantiales de Santa Ana y El Azufre no se obtienen datos de gasto ya que son ínfimos y se reducen al vapor que se condensa en sus alrededores (CFE, 1991). En esta zona la misma fuente, refiere

la existencia de un acuífero somero, que es el que alimenta tanto los manantiales termales y fumarolas como a los manantiales fríos antes mencionados; consecuentemente debe tratarse de un acuífero poco potente y muy somero, ya que aflora en varias partes, de tal forma que el flujo subterráneo puede inferirse en la misma dirección que los arroyos superficiales.

CFE (1991) estima la precipitación en la cuenca con un volumen anual de 29.6 Mm^3, máximo en 1959 de 94.5 Mm^3 y un mínimo en 1966 de 5.7 Mm^3.

Menciona que el 65% de la cuenca presenta un coeficiente de escurrimiento de 5-10% y el restante 35% de la cuenca presenta un coeficiente de 0-5%; por lo que el coeficiente de escurrimiento medio en la cuenca de Santa Ana es de 4.1 %, por lo cual y de acuerdo al volumen promedio de lluvia anual el volumen de escorrentía teórico es de 1.21 millones de m^3 al año.

En cuanto a la evaporación CFE (1991), evaporación "real" la cual se estima esta en 114.1 mm, por lo que en esta cuenca, existe un déficit anual "real" de 5 mm equivalente a 1.48 millones de m^3 de agua. Esto implica que la percolación en la cuenca seria no solo inexistente, sino que además habría una descarga anual con cargo al agua del o los acuíferos. La misma fuente menciona que en periodos amplios de tiempo, debe tenerse en cuenta para efectos prácticos, que dentro de la cuenca existen diferencias espaciales notables tanto en la temperatura como en la precipitación, puesto que entre la cabecera y las partes bajas de la cuenca hay una diferencia de unos 6º C y de casi 100 mm de lluvia promedio anual. Adicionalmente, el régimen de lluvia varia mucho de uno a otro año, lo que sugiere que habrá años con evapotranspiración "real" menor que la precipitación y con infiltraciones positivas. Por ejemplo en 1959 con un promedio de 319 mm, y una temperatura media anual de 18º C en la cabecera de la cuenca, se obtiene una evapotranspiración "real" de 311.2 mm, lo que resultaría en un exceso de agua de 7.8 mm, significando una infiltración, solo en el área de la cabecera de casi 350 mil metros cúbicos de agua.

Cuenca de El Yaqui (CFE, 1991), sus colectores principales los constituyen los arroyos El Carrizo, El Infierno y El Yaqui los cuales forman cañadas ya que aparentemente han aprovechado las fallas y fracturas para labrar su cauce con desniveles de 50 a 100 metros.

Estos arroyos se unen en la porción oriental de la cuenca y desembocan al Golfo de California.

En esta cuenca se encuentran perforados dos pozos, uno en el rancho de Las Tres Vírgenes y otro en el rancho Cacaiste, así como cuatro manantiales que brotan en la porción centro y sur, de estos dos termales: El Yaqui y El Carrizo y dos fríos: El Palmito y la Pilita.

Según CFE (1991), el acuífero de la cuenca de El yaqui se encuentra subexplotado, como también se sugiere en la carta de INEGI, ya que a pesar del déficit general de lluvia, hay infiltración que permite la recarga del acuífero.

Las líneas equipotenciales de esta cuenca, resultan ser más o menos paralelas a la Sierra de Santa Lucia, decreciendo de poniente a oriente, por lo que la dirección del flujo del acuífero es perpendicular a estas líneas, es decir de occidente a oriente. Es probable que el acuífero tenga un movimiento localmente muy irregular, permitiendo que parte de su agua se infiltre

a niveles inferiores a través de los planos de falla y de fractura.

La estimación de precipitación media anual en la cuenca de El Yaqui (462 km^2), CFE (1991), la estima en 120 mm, lo que representa un volumen promedio anual de 55.44 millones de m^3. Para realizar dichas estimaciones CFE utiliza los datos de la estación meteorológica de Santa Rosalía por ser ésta la más cercana a la cuenca, y cuya información junto con las unidades de escorrentía de INEGI (presentada en el apartado de Hidrología Superficial Fig. 1, Tabla 2), estima para la cuenca un promedio en el coeficiente de escurrimiento de 3.1%, lo que significa que en la cuenca el promedio de escurrimiento anual equivale a un volumen de 1.7 millones de m^3.

En cuanto a la evaporación CFE (1991) considerando para la cuenca una precipitación media anual de 120 mm y una temperatura media anual de 21º C, reporta una evaporación "real" madia anual de 125.1 mm, por lo que en la cuenca de El Yaqui habría un déficit anual de agua de 5.1 mm, es decir de 2.36 millones de m^3 entre el volumen que llueve y el volumen calculado "real" que se evapotranspira. La misma fuente menciona que tanto la evapotranspiración real como el déficit anual estimado, representan un promedio histórico que puede tener variaciones significativas tanto de uno a otro año así como de una a otra parte de la cuenca. Esto se ejemplifica si se considera la cabecera de la cuenca, con una temperatura media anual de 18º C, y se considera la precipitación media para el año más lluvioso en Santa Rosalía (1967), que fue de 370 mm, se obtiene una evapotranspiración "real" de 349 mm. Por lo tanto, en 1967 en la cabecera de la cuenca hubo un exceso de 21 mm de agua que pudieron infiltrarse en esa porción, equivalente a 750 mil m^3 de agua; para este mismo año, si se considera que la temperatura media fue de 24.2º C en la estación de Santa Rosalía, se calcula una evapotranspiración "real" de 359 mm, lo que representa un exceso de 11 mm de agua en la cuenca equivalente a una infiltración neta de 5.1 millones de m^3 de agua que recargaron al o los acuíferos subsuperficiales.

Cuenca la Reforma constituida en su mayor parte por el relieve que conforma la caldera de la Reforma y la mayor parte del complejo volcánico de El Aguajito. Los escurrimientos superficiales más importantes, son los arroyos Los Coyotitos, Las Piedritas, El Morro Prieto, La reforma-Palmito y La Cueva. En esta cuenca afloran tres manantiales, dos termales: El Alamo y El Mezquite, y uno frió La Palmita, todos con gasto de menos de 0.5 l/s. En el rancho La reforma se ubica una noria.

En esta cuenca no hay pozos profundos por lo que resulta difícil estimar las características del acuífero que alimenta a los manantiales y a la noria, por lo que solo se infiere un flujo de sur y sureste hacia el norte muy semejante al de las corrientes que se producen en los arroyos que es de las porciones elevadas hacia la planicie, en forma radial y de aquí hacia el norte.

La precipitación promedio anual estimada por CFE (1991) es de 150 mm, la cual representa la más alta de las tres cuencas, esto debido al predominio de porciones elevadas sobre las partes bajas, de tal manera que el volumen medio anual precipitado en la cuenca

seria de 35.55 millones de m^3. Por otra parte, la temperatura media anual, de acuerdo con la distribución de isotermas medias anuales de la carta de INEGI, seria de unos 20 a 22ºC en las partes bajas a 18ºC en las partes más altas de la Sierra El Aguajito.

En cuanto al coeficiente de escurrimiento medio en la cuenca se estima en 3.95%, lo que representa 1.4 Mm^3 de escurrimiento por año. Por su parte la evaporación potencial anual promedio para el periodo de 1950 a 1970 se estima en 2050 mm por año. Por lo tanto la evapotranspiración "real" calculada para una precipitación media anual de 150 mm y una temperatura media anual de 20º C, sería de 155 mm promedio anual, lo que significa un déficit de 1.19 millones de m^3 por año en promedio.

García-Estrada y González-López (1998), mencionan que el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes se encuentra emplazado en material volcano-sedimentario (valores gravitacionales bajos) que rellena una cuenca NW-SE tipo graben, delimitada por fallas normales que afectan al basamento granodiorítico. Este relleno volcano-sedimentario desde el punto de vista hidrológico manifiesta la existencia de un acuífero regional que fluye a lo largo de los grabens, por lo que la zona con mayor probabilidad de almacenar fluidos coincide con la máxima depresión gravimétrica, limitada al N por el máximo de Aguajito, al E por El Yaqui y al W por el de San Alberto, los cuales constituyen límites hidrológicos.

Por su parte Bigurra-Pimentel (1998), para el área geotérmica de Las Tres Vírgenes, mediante sondeos eléctricos verticales (SEVs), identifica tres secuencias:
La parte superficial de 0 a 250 mbnt (metros bajo el nivel del terreno), compuesta por material de los volcanes de Las Tres Vírgenes, la ignimbrita Aguajito y parte de la cuenca Santa Rosalía con una resistividad de 2200 Ohm.m a 200 Ohm.m (espesor de alta resistividad). Bajo esta cubierta resistiva, desde 250 hasta 1500 mbnt, se encuentra un gran electroestrato conductor con valores de resistividad entre 12 y 3 Ohm,m. lo cual representa el acuífero del área, en las Formaciones Santa Lucia, Comondú y parte superior del granito (espesor de baja resistividad).

Palma-Guzmán (1998), menciona que la correlación de los pozos de CFE, permite discernir sobre el comportamiento geoeléctrico de la zona y su asociación con los fenómenos geotérmicos. Así, se determinó que los valores de resistividad < 10 Ohm.m de la Inversión de Bostick se localizan en las formaciones vulcano-sedimentarias más recientes y que la zona del graben de dirección NW-SE (fallas El Azufre y El Partido) existe una comunicación vertical geotérmica hacia el Exterior. Al mismo tiempo menciona que la formación Comondú y el basamento granítico son altos resistivos relativos (ρ> 15 Ohm.m) cuyas unidades litológicas carecen de porosidad, pero que sin embargo manifiestan cambios de comportamiento geoeléctrico asociado a tendencias estructurales NW-SE y N-S que crean permeabilidad secundaria.

Capítulo III

Calidad de Agua en la Reserva de la biosfera de el Vizcaíno, B. C. S.

Saúl Chávez-López[3]

III.1. Calidad del Agua Subterránea

Es conveniente puntualizar que en la naturaleza el agua no es completamente pura, ya que cuando la lluvia precipita, esta se filtra en el terreno, disolviendo algunos de los componentes del suelo, lo cual varía con la ubicación geográfica, clima, estación del año, y geología. De aquí que la calidad del agua subterránea se encuentra en dependencia directa con la naturaleza de las formaciones geológicas que atraviesa, y lo cual es generalmente mediante un flujo relativamente lento.

INEGI (1983a, 1984b, 1989c, 1996) reporta para los pozos y norias de la zona geohidrológica 301 Punta Eugenia (Fig. 3 del Capitulo II) calidad de agua salada perteneciente a la familia de aguas sulfatadas, clorurada-sódica y mixta con tendencia a clorurada.

Para el levantamiento hidroquímico de 1983 INEGI (1996), reporta en la zona geohidrológica 302 Vizcaíno (Fig. 3 del Capitulo II) concentraciones de 500 a 1250 mg/l de sólidos totales disueltos; indicando que el agua es de calidad dulce, tolerable y salada y la familia de agua que predomina en la porción media de la llanura es sódica, magnésica-clorurada y hacia las bajadas de las sierras es sódica, magnésica-bicarbonatada, clorurada, con pH que manifiesta la existencia de aguas agresivas e incrustantes.

Por su parte CNA (2002), identifica cinco grupos de familias de agua localizadas en el acuífero Vizcaíno (Fig. 4 del Capitulo II): en la parte noroeste carbonatos y magnesio, en la zona centro-norte carbonatos, magnesio y cloruro, en la zona centro-sur sódico y cloruro, en

[3] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.

la zona sureste magnésico-cloruro y en la zona del ejido Emiliano Zapata sódico-carbonatado

Para la zona geohidrológica 303 San Ignacio (Fig. 3 del Capitulo II), CFE (1991), reporta calidad de agua tolerable correspondiente al grupo geoquímico bicarbonatado sódico. En la zona geohidrológica 339 Paralelo 28 INEGI (1996), reporta agua dulce y tolerable, mientras que en la zona 338 Las Vírgenes (Fig. 3 del Capitulo II),el estudio geoquímico de 1981 mostró concentraciones de sólidos totales disueltos de entre 800 a 1600 mg/l lo que refleja aguas tolerables a saladas.

Por su parte CFE (1991) para la zona geohidrológica 338 Las Vírgenes (cuencas hidrográficas Santa Ana, La Reforma y El Yaqui), reporta para la Cuenca Santa Ana, agua en el limite de tolerable – salada muy dura (más de 300 mg/l de $CaCo_3$), RAS (Relación de Adsorción de Sodio) de 7.4, total de sólidos disueltos de 1324 mg/l (TSD), considerando el agua como agresiva (disuelve el $CaCo_3$). La misma fuente refiere tres tipos químicos de agua: sulfatado ácido, al cual pertenecen los manantiales termales El Azufre, Agua Agria y Agua Caliente. Sulfatado sódico, a este tipo pertenecen los manantiales San Alberto, Santa Ana y el manantial termal de La Palma y Clorurado sódico al cual pertenece el manantial frió de La Palma.

Para la Cuenca de El Yaqui, la calidad de agua reportada es tolerable e incrustante con depósito de $CaCo_3$, con dos tipos geoquímicos: bicarbonatado sódico y sulfatado sódico. Al primero pertenecen el pozo del rancho Las Tres Vírgenes y los manantiales El Yaqui y El Palmito; Mientras que el agua del manantial El Carrizo pertenece al segundo tipo con elevado contenido de sulfatos y sodio.

En la Cuenca La Reforma, CFE (1991) reporta tres tipos geoquímicos: bicarbonatado sódico, sulfatado sódico y clorurado sódico. Al primer tipo pertenece el agua del manantial El Alamo. El agua del manantial La Palmita es de tipo sulfatado sódico, y al tercer tipo pertenecen las del manantial El Mezquite y de la noria La Reforma.

Por su parte Bigurra-Pimentel (1998), reportan para el pozo geotérmico LV-3, un acuífero considerado de tipo clorurado-sódico (9000 ppm de Cl y 4500 ppm de Na en promedio), ubicado entre 600 y 700 mbnt, en las Formaciones Santa Lucia, Comondú y parte superior del basamento (granito).

CFE (1991) refiere que el carácter geoquímico de los grupos de agua bicarbonatado sódico se asocia a agua de origen meteórico que han circulado someramente a través de rocas volcánicas, habiendo alcanzado el equilibrio agua-roca a temperaturas bajas. El Sulfatado ácido, resultan de la interacción de aguas subterráneas someras con fluidos más profundos de origen geotérmico; Sulfatado sódico, se asocia a aguas que circulan primero a través de rocas volcánicas y después por areniscas de origen marino, debiéndose el enriquecimiento en sulfatos a la disolución de avaporitas o a la interacción con H_2S de origen profundo; el carácter geoquímico Clorurado sódico, se atribuye a aguas que circulan profundamente antes de aflorar. La misma fuente menciona que las elevadas concentraciones de sodio, cloruros, calcio y sílice, del agua subterránea parece indicar que las aguas no son de origen meteórico,

sino de origen marino, habiéndose diluido después y habiendo quedado atrapadas en rocas hidrolisitas sedimentarias.

Dada la escasa información sobre calidad agua, para complementar el presente punto se emplea información del análisis químico del agua en pozos, norias y manantiales comprendidos en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, la cual es recopilada de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas G12-1 y G11-3, de INEGI (1973a, 1989c), así como la de los pozos y norias muestreados por el CIBNOR (2003). De esta manera también se aborda lo mencionado en la introducción respecto a que sus acuíferos se encuentran en un proceso de salinización e intrusión salina, apoyados en los antecedentes climáticos y geológicos presentados en el Capitulo I e hidrológicos del Capitulo II, lo cual permite sustentar de manera objetiva la distribución espacial de los análisis químicos antes referidos.

La distribución espacial de pozos, norias y manantiales se presenta en la figura 1,. Las coordenadas geográficas de las obras hidráulicas de INEGI se muestran en la tabla 1, así

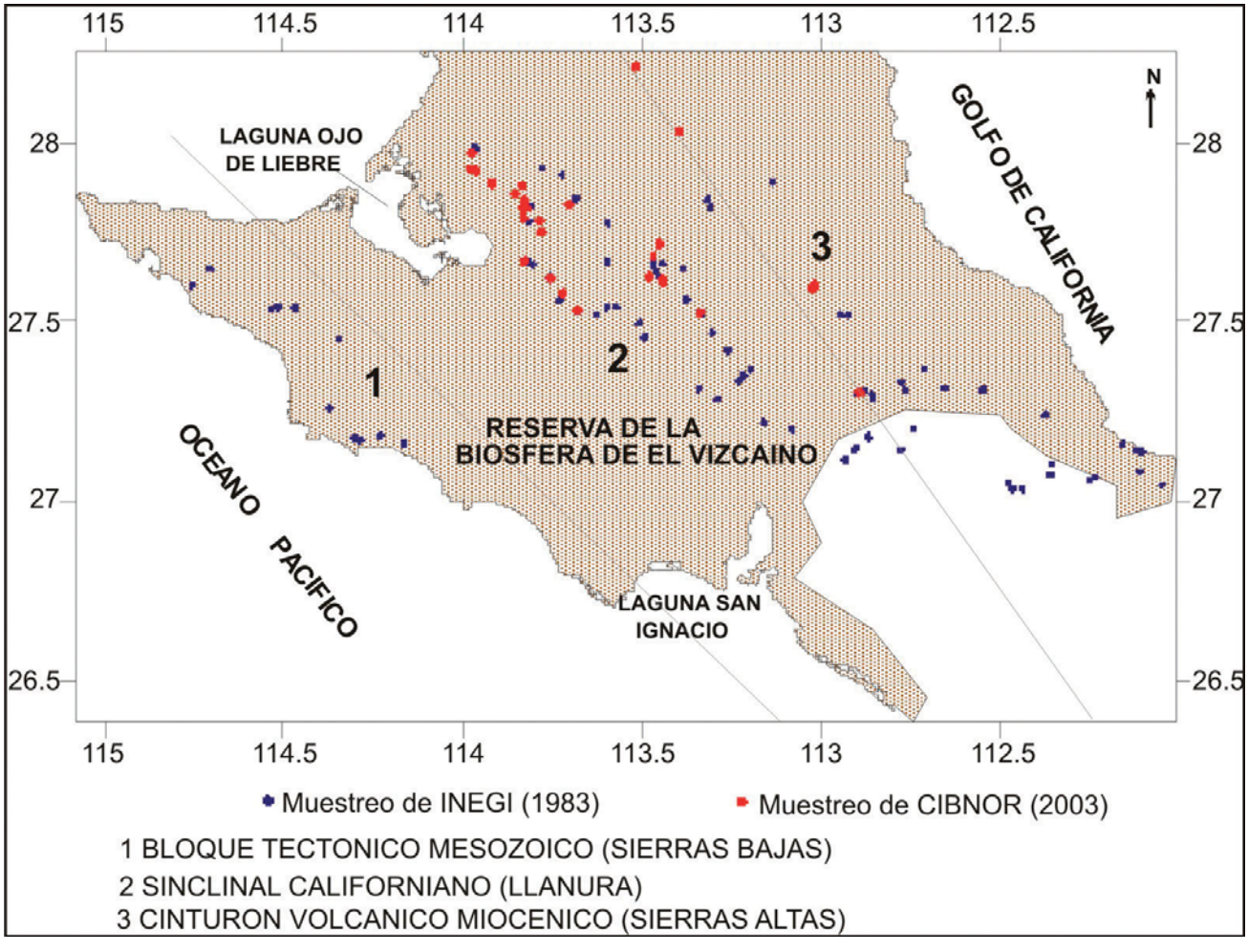


Figura 1. Ubicación de pozos, norias y manantiales en la Reserva de El Vizcaíno, presentados en las cartas hidrológicas de aguas subterráneas G12-1 y G11-3 de INEGI (1983a, 1989c) y Ubicación de pozos muestreados por el CIBNOR, S. C. (2003).

como los datos de profundidad de obra y nivel estático, cuyas interpolaciones se muestran en las figuras 2 y 3 respectivamente. Las coordenadas geográficas de los pozos muestreados por el CIBNOR, se presentan en la tabla 3.

La información de los análisis químicos de INEGI, se resume en la tabla 2, y en las figuras de la 4 a la 19, se muestran las interpolaciones de cada uno de los atributos químicos del agua subterránea.

De acuerdo a la información de la Tabla 1, los pozos 17 y 86 son los de mayor profundidad con 200 y 210 m respectivamente, los cuales se ubican hacia la porción NW y SE de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, asociados a la unidad geomorfológica de bajada con lomeríos, la cual representa el espacio transicional entre la porción occidental de la Sierra de La Giganta (sierras altas) y la llanura del Vizcaíno.

La interpolación de estos datos se muestra en las figuras 2 y 3, en las cuales se aprecia la tendencia al aumento en la profundidad de pozos y norias hacia la parte occidental de la sierra de La Giganta (sierras altas), así como el aumento en la profundidad del nivel estático, el cual es más evidente en la región entre Santa Rosalía y Las Tres Vírgenes (porción oriental de la unidad geomorfológica de sierras altas). Esta Información es consistente con la de INEGI (1996), que menciona que la profundidad del nivel estático aumenta conforme a la elevación topográfica por lo que el flujo de agua subterránea se da de la zona peninsular hacia el mar, siguiendo la tendencia de los arroyos.

Sin embargo es de hacer notar que en particular para la zona de llanura de El Vizcaíno, existen diferencias notables en las profundidades y nivel estático de obras hidráulicas relativamente cercanas, lo que evidencia la complejidad de la geología estructural de los acuíferos en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno.

Tabla 1. Coordenadas geográficas y datos de profundidad y nivel estático de los pozos, norias y manantiales ubicados, en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (datos tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas G12-1 y G11-3, de INEGI (1983a, 1989c).

Long. W	Lat. N	Obra	No.	PTO*	NE*	Long. W	Lat. N	Obra	No.	PTO*	NE*	Long. W	Lat. N	Obra	No.	PTO*	NE*
113.968028	27.984447	Pozo	1	*	21	113.515846	27.53716	Noria	51	*	11	112.776789	27.140878	Noria	101	85	55
113.961394	27.977813	Pozo	2	*	21	113.5695565	27.5377698	Pozo	52	*	11	112.9012097	27.1473022	Noria	102	5	3
113.973853	27.971599	Pozo	3	*	19	113.357502	27.534096	Pozo	53	81.4	22.3	112.107168	27.135001	Noria	103	*	6.8
113.968633	27.965191	Noria	4	*	17.5	113.5393145	27.5314748	Noria	54	*	13	112.90625	27.1411871	Manantial	104	*	*
113.777437	27.929128	Pozo	5	100	35	113.335564	27.526118	Pozo	55	*	44	112.085869	27.125244	Noria	105	*	8
113.788475	27.919364	Pozo	6	100	40	113.6764113	27.5267986	Pozo	56	27	6.5	112.9889113	27.1223022	Manantial	106	*	*
113.77639	27.919789	Pozo	7	100	35	113.522249	27.52431	Noria	57	*	12.8	112.9788306	27.1205036	Manantial	107	*	*
113.776372	27.911078	Pozo	8	100	35	113.541329	27.517968	Noria	58	30	12	112.4858871	27.1142086	Noria	108	*	28.5
113.721853	27.908781	Noria	9	58	54	113.332203	27.517013	Pozo	59	*	43	112.074006	27.107732	Pozo	109	17.1	14.6
113.206768	27.898582	Noria	10	*	33.5	113.62792	27.516362	Noria	60	*	6.6	112.9314516	27.1124101	Manantial	110	*	*
113.783712	27.884244	Pozo	11	100	35	112.9445565	27.5170863	Manantial	61	10	*	112.355313	27.102182	Noria	111	12	37.8
113.1360887	27.8875899	Noria	12	*	35	112.9243952	27.5134892	Manantial	62	*	*	113.5735887	27.1007194	Noria	112	*	11
113.834176	27.883799	Pozo	13	*	21	113.506376	27.494887	Noria	63	*	6.5	112.527707	27.090661	Noria	113	*	0.2
113.832755	27.848043	Noria	14	17	15	113.301084	27.482634	Pozo	64	90	43	112.111689	27.080951	Pozo	114	*	*
113.697615	27.843271	Pozo	15	*	35	113.304847	27.467784	Pozo	65	*	38	112.361033	27.06899	Noria	115	35	32
113.686362	27.84209	Pozo	16	*	25	113.4949597	27.4548561	Pozo	66	30	*	112.2355847	27.0647482	Pozo	116	*	3
113.316317	27.836185	Pozo	17	200	43	113.425479	27.418258	Noria	67	40	12	112.2550403	27.0593525	Manantial	117	*	*
113.698618	27.830661	Pozo	18	*	*	113.261737	27.416237	Noria	68	*	38.5	112.2657258	27.0584532	Noria	118	*	*
113.809756	27.823791	Noria	19	17	16	112.514507	27.402779	Pozo	69	*	75	112.04996	27.042107	Pozo	119	*	13
113.308111	27.815571	Pozo	20	*	41	112.574276	27.39435	Noria	70	*	94	112.478125	27.0465827	Noria	120	*	35
113.815001	27.777992	Noria	21	8	6	112.712113	27.365133	Noria	71	86	82	112.4667339	27.0332734	Manantial	121	*	*
113.593209	27.776317	Noria	22	26	25	113.196446	27.363875	Pozo	72	*	*	112.4372984	27.0330935	Noria	122	18	5
113.46955	27.758628	Pozo	23	*	40	113.388958	27.350538	Noria	73	28	11	114.702621	27.6447842	Manantial	123	*	*
113.824754	27.671956	Noria	24	5	3.5	113.21827	27.346754	Pozo	74	*	*	114.7550403	27.5980216	Noria	124	*	10
113.464748	27.671532	Pozo	25	96	40	113.388098	27.338047	Noria	75	*	12.6	114.515121	27.5359712	Manantial	125	*	*
113.595624	27.665481	Pozo	26	*	*	113.228661	27.334985	Noria	76	24	21.6	114.4677419	27.5350719	Manantial	126	*	*
113.8175403	27.6645683	Noria	27	9	4	112.776268	27.331251	Pozo	77	140	48	114.53125	27.5332734	Manantial	127	*	*
113.441518	27.660289	Pozo	28	*	37.6	113.330201	27.318621	Pozo	78	*	27	114.613546	27.5107914	Manantial	128	*	*
113.433224	27.659561	Pozo	29	87	38.4	112.654541	27.315163	Noria	79	65	60	114.5564516	27.4793165	Manantial	129	*	*
113.802803	27.656928	Noria	30	120	3.5	113.342147	27.312981	Pozo	80	*	26	114.3465726	27.448741	Manantial	130	*	*
113.465747	27.656687	Pozo	31	6	*	112.768438	27.305364	Noria	81	70	68	114.3719758	27.2570144	Noria	131	*	4
113.388519	27.646584	Pozo	32	*	*	112.5478831	27.3066547	Manantial	82	*	*	114.2288306	27.1798561	Noria	132	*	21.5
113.444573	27.644581	Pozo	33	*	*	112.879583	27.302104	Pozo	83	12	8.2	114.2993952	27.1717626	Noria	133	17.7	13
113.460951	27.637213	Pozo	34	*	*	112.902462	27.298677	Noria	84	*	15	114.2840726	27.1681655	Noria	134	10.3	8
113.384322	27.637653	Pozo	35	*	38	112.8594758	27.2967626	Manantial	85	*	*	114.1638105	27.1573741	Noria	135	*	5
113.382309	27.627227	Pozo	36	*	*	112.857888	27.286675	Pozo	86	210	4						
113.755229	27.623728	Noria	37	8	6	113.289306	27.28174	Noria	87	25	18						
113.451854	27.620841	Pozo	38	*	33.9	112.3734879	27.2383094	Manantial	88	*	*						
113.758944	27.617188	Noria	39	8	6	113.276798	27.231278	Noria	89	15	46						
113.342993	27.608796	Noria	40	*	46	112.8649194	27.2293165	Manantial	90	*	*						
113.51598	27.572518	Noria	41	25	21	112.221193	27.222336	Noria	91	*	*						
113.547379	27.5710432	Pozo	42	90	23	113.159833	27.217645	Noria	92	*	5.8						
113.532675	27.562685	Noria	43	*	21	112.739807	27.19694	Noria	93	66	64						
113.374526	27.560481	Pozo	44	*	*	113.081488	27.195624	Noria	94	7	3.5						
113.731891	27.558102	Noria	45	7.5	6	112.8699597	27.1771583	Manantial	95	*	*						
113.517997	27.552342	Noria	46	*	12	112.168107	27.165079	Noria	96	*	3.5						
113.577621	27.5539568	Pozo	47	70	17.4	112.8659274	27.1726619	Noria	97	5	4						
113.375019	27.549878	Pozo	48	80	22.6	112.472242	27.162692	Noria	98	*	10						
112.563004	27.5410072	Manantial	49	*	*	112.158893	27.154496	Pozo	99	30.2	9.1						
113.600059	27.536246	Noria	50	*	11	112.120038	27.14145	Pozo	100	*	11						

*PTO – Profundidad total de la obra en metros; *NE – Nivel estático en metros. * – No determinado.

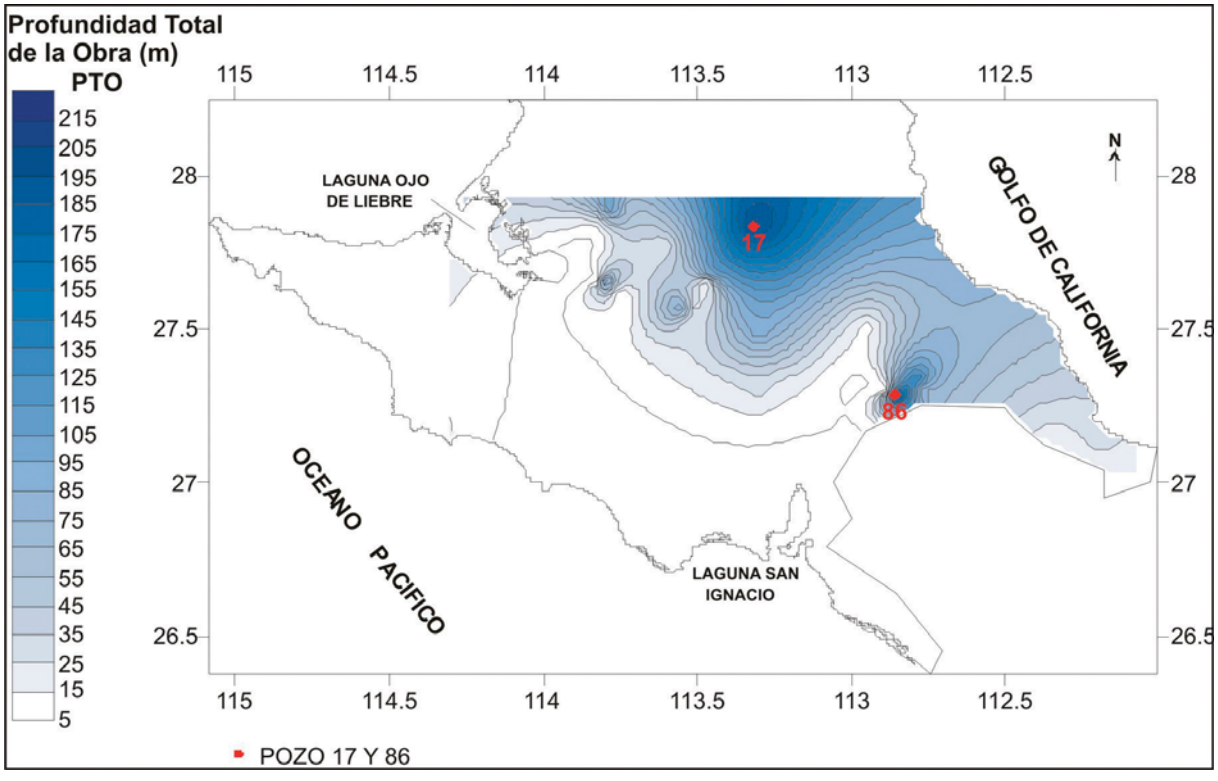


Figura 2. Interpolación de los datos de profundidad de obras hidráulicas, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3 de INEGI (1983a, 1989c) y presentados en la tabla 1.

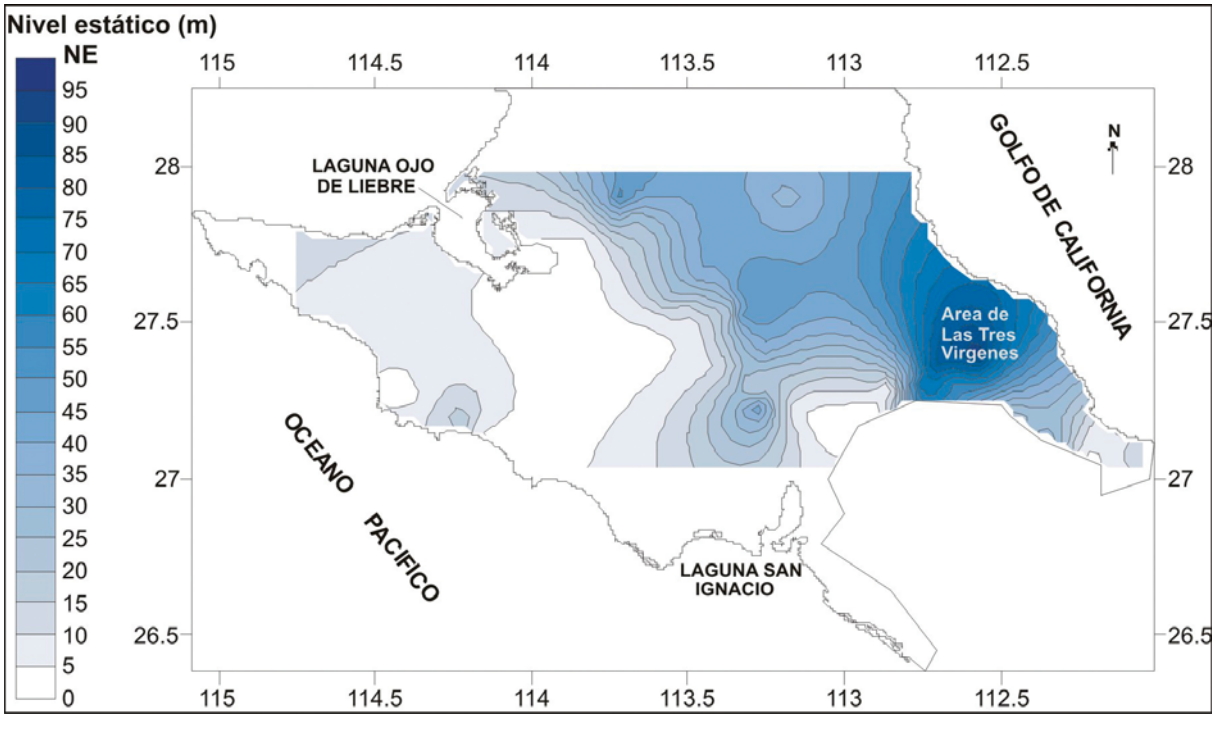


Figura 3. Interpolación de los datos de nivel estático de obras hidráulicas, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3 de INEGI (1983a, 1989c) y presentados en la tabla 1.

Tabla 2. Análisis químico de muestras de agua subterránea, en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno (datos tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas G12-1 y G11-3, de INEGI (1983a, 1989c).

Obra	No.	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	HCO3- (mg/l)	RAS*	pH	CE*	SO42- (mg/l)	NO3-N (mg/l)	Cl- (mg/l)	T (°C)	CaCO3 (mg/l)	Dureza	Agresiv. Agua	TSD* (mg/l)	Calidad Agua
Pozo	1	24	32.6	181.5	6.6	195.2	5.6	8.2	1.39	20.6	*	291.1	28	196	Dura	Agresiva	752	Tolerable
Pozo	2	28	33.4	178.9	7	176.9	5.4	7.8	1.28	41.3	*	308.8	24	209	Dura	Agresiva	774	Tolerable
Pozo	3	30	43.1	221.9	6.6	201.3	6	8.1	1.63	41.3	*	379.8	24	254.5	Dura	Agresiva	924	Tolerable
Noria	4	32	45.2	227	7.8	183	6	7.8	1.63		*	426	24	268.5	Dura	Agresiva	921	Tolerable
Pozo	5	54	58.2	99.8	7.4	91.5	2.2	7.6	1.17	124.8	1.2	276.9	25	377.5	Muy dura	Agresiva	714	Tolerable
Pozo	6	36	37.9	93.1	7	146.4	2.6	7.5	0.93	62.4	*	184.6	25.5	248	Dura	Agresiva	567	Tolerable
Pozo	7	44	42.2	72.2	7	146.4	1.9	7.7	0.9	73	1.2	177.5	25	286	Dura	Agresiva	564	Tolerable
Pozo	8	44	48.4	79.3	7	140.3	2	8	0.93	83	6.2	205.9	25	311.5	Muy dura	Agresiva	614	Tolerable
Noria	9	60	52.9	70.1	4.3	134.2	1.6	7.8	1.14	20.6	5	262.7	*	370.5	Muy dura	Agresiva	610	Tolerable
Noria	10	40	61.8	40.9	1.6	183	0.9	7.4	0.9	124.8	3.7	102.9	26	357.5	Muy dura	Agresiva	559	Tolerable
Pozo	11	44	54.7	80.7	7	183	1.9	7.8	0.95	41.3	*	216.6	26	338	Muy dura	Agresiva	627	Tolerable
Noria	12	40	60.5	47.4	7	268.4	1.1	8	0.86	104.2	21.1	78.1	26	352	Muy dura	Incrustante	627	Tolerable
Pozo	13	48	53.9	108.3	7.4	140.3	2.5	7.9	1.17	83	*	266.2	26	344.5	Muy dura	Agresiva	707	Tolerable
Noria	14	38	81.4	203.3	4.7	244	4.2	8.3	1.63	62.4	*	411.8	27	434	Muy dura	Incrustante	1046	Tolerable
Pozo	15	34	45.2	60.7	6.6	170.8	1.6	7.7	0.71	104.2	*	106.5	25	273.5	Dura	Agresiva	528	Tolerable
Pozo	16	46	102.7	66.9	7	170.8	1.2	8	1.7	166.6	*	244.9	25	543	Muy dura	Agresiva	805	Tolerable
Pozo	17	18	7.4	120.7	5.5	195.2	6	7.7	0.71	41.3	7.4	102.9	26	76	Poco dura	Agresiva	499	Dulce
Pozo	18	36	51.7	66.9	7	170.8	1.7	7.7	0.82	104.2	*	138.4	25	305.5	Muy dura	Agresiva	575	Tolerable
Noria	19	88	123.6	569.5	6.6	506.3	9.1	8.1	4.07	62.4	*	1093.4	26	735	Muy dura	Incrustante	2450	Salada
Pozo	20	8	2.3	104.6	1.9	183	8.4	8.3	0.54	31.2	11.2	53.2	26	295	Dura	Agresiva	395	Dulce
Noria	21	32	86.2	374.2	4.7	213.5	7.8	8.2	2.62	124.8	*	642.6	24	439	Muy dura	Incrustante	1478	Salada
Noria	22	24	18.8	93.8	5.8	207.4	3.5	8.1	0.67	41.3	*	95.8	*	138	Poco dura	Agresiva	487	Dulce
Pozo	23	16	11	129	5.8	213.5	6	8.1	0.76	20.6	29.1	113.6	26	86	Poco dura	Agresiva	539	Tolerable
Noria	24	30	86.2	601.9	15.2	378.2	12.6	8	3.78	83	6.2	912.3	24	434	Muy dura	Incrustante	2113	Salada
Pozo	25	118	121.2	164.7	7	152.5	2.5	7.9	2.33	271.2	14.9	539.6	26	800	Muy dura	Incrustante	1389	Tolerable
Pozo	26	108	130	132.2	10.5	170.8	2	7.7	2.62	20.6	12.4	710	*	812.5	Muy dura	Agresiva	1295	Tolerable
Noria	27	32	31	337.9	10.9	213.5	10.2	8.1	2.18	41.3	*	511.2	25	209	Dura	Agresiva	1178	Tolerable
Pozo	28	32	119	101.9	7	201.3	1.7	7.9	1.57	271.2	49.6	319.5	27	702.5	Muy dura	Incrustante	1152	Tolerable
Pozo	29	40	58.1	136.4	7	219.6	3.2	8.2	1.16	104.2	*	234.3	27	342	Muy dura	Incrustante	800	Tolerable
Noria	30	42	57.4	495.2	14	231.8	11.6	8.2	3.2	104.2	*	773.9	25	344	Muy dura	Incrustante	1718	Salada
Pozo	31	94	121.8	169.5	5.1	207.4	2.7	7.3	2.18	124.8	15.5	532.5	*	742.5	Muy dura	Agresiva	1271	Tolerable
Pozo	32	16	9.7	98	6.2	189.1	4.7	7.9	0.63	41.3	14.9	74.6	27	80.5	Poco dura	Agresiva	450	Dulce
Pozo	33	42	56.4	104.6	5.8	213.5	2.5	7.7	1.14	20.6	7.4	248.5	*	340	Muy dura	Agresiva	699	Tolerable
Pozo	34	64	120	181	4.7	195.2	3.1	7.7	2.18	124.8	12.4	497	*	660	Muy dura	Agresiva	1199	Tolerable
Pozo	35	24	18.5	113.8	6.2	164.7	4.2	7.9	0.84	41.3	29.1	149.2	28	137	Poco dura	Agresiva	547	Tolerable
Pozo	36	16	16.8	102.1	5.5	170.8	4.2	7.9	0.73	11	2.5	127.8	*	110	Poco dura	Agresiva	452	Dulce
Noria	37	24	37	346.8	9.7	195.2	10.3	7.8	21.8	11	11.8	607	*	214	Dura	Agresiva	1243	Tolerable
Pozo	38	52	109.4	127.2	10.1	201.3	2.3	7.9	1.51	156.5	6.2	355	*	586	Muy dura	Agresiva	1018	Tolerable
Noria	39	20	34.8	319.2	7	237.9	9.9	7.7	2.04	20.6	7.4	504.1	*	195.5	Dura	Agresiva	1151	Tolerable
Noria	40	22	16.4	94.1	4.7	152.5	3.7	7.2	0.73	20.6	2.5	127.8	*	123.5	Poco dura	Agresiva	441	Dulce
Noria	41	40	61.1	200.3	8.2	176.9	4.6	8	1.57	145.9	33.5	355	*	354.5	Muy dura	Agresiva	1021	Tolerable
Pozo	42	54	120	223.6	7.8	176.9	3.9	8.4	2.09	208.3	37.2	507.6	27	635	Muy dura	Incrustante	1335	Tolerable
Noria	43	50	117.1	230.2	7.4	158.6	4	8	2.18	250.1	124	475.7	*	613	Muy dura	Agresiva	1413	Salada
Pozo	44	16	14.2	87.4	2.7	195.2	3.8	8	0.61	31.2	24.8	67.4	27	99	Poco dura	Agresiva	439	Dulce
Noria	45	24	35.6	403.2	3.9	268.4	12.1	8.1	2.19	166.6	9.9	507.6	24	208.5	Dura	Agresiva	1419	Salada
Noria	46	56	120	258.3	9	250.1	4.4	8	2.33	208.3	16.7	518.3	26	640	Muy dura	Incrustante	1437	Salada
Pozo	47	40	86.5	289.8	9	201.3	5.9	7.8	2.18	187.7	49.6	514.7	27	460.5	Muy dura	Agresiva	1379	Tolerable
Pozo	48	40	73.7	138	6.2	256.2	3	8	1.28	83	14.9	262.7	27	407	Muy dura	Incrustante	875	Tolerable
Manantial	49	54	40.2	294.4	18.7	164.7	7.4	8	1.86	730.1	3.7	17.7	60	302.5	Muy dura	Agresiva	1324	Tolerable
Noria	50	22	41.2	277.6	7.8	292.8	8	8.3	1.98	104.2	12.4	355	*	226.5	Dura	Agresiva	1113	Tolerable
Noria	51	34	54.2	185.6	7.8	286.7	4.6	8.1	1.4	124.8	32.9	244.9	27	311	Muy dura	Incrustante	971	Tolerable
Pozo	52	30	52.1	277.4	8.6	305	7.1	8	2.04	41.3	11.8	408.2	*	292	Dura	Agresiva	1134	Tolerable
Pozo	53	34	51.2	79.1	6.2	195.2	2	8.1	0.87	62.4	8.7	156.2	27	298.5	Dura	Agresiva	593	Tolerable
Noria	54	34	59.9	333.3	8.2	347.7	7.9	8	2.33	166.6	24.8	418.9	26	334.5	Muy dura	Incrustante	1393	Tolerable
Pozo	55	30	30.8	57.7	6.6	225.7	1.8	7.9	0.63	31.2	8.7	71	27.5	203.5	Dura	Agresiva	462	Dulce

* RAS –Relación de adsorción de sodio. *CE-Conductividad eléctrica (µS/cm). *TSD-Total de sólidos disueltos.
* – No determinado.

Continúa tabla 2.

Obra	No.	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	HCO3-	RAS*	pH	CE*	SO42-	NO3-N	Cl-	T	CaCO3	Dureza	Agresiv.	TSD*	Calidad
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)				(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(°C)	(mg/l)		Agua	(mg/l)	Agua
Pozo	56	36	57.4	462.3	10.5	239.4	11.5	7.9	2.91	250.1	3.7	596.4	26	329	Muy dura	Agresiva	1746	Salada
Noria	57	32	38.6	241.5	9	359.9	6.8	7.8	1.63	20.6	124	280.4	25	241	Dura	Agresiva	1106	Tolerable
Noria	58	62	120	333.3	10.5	237.9	5.7	8	2.91	208.3	8.7	646.1	*	655	Muy dura	Incrustante	1627	Salada
Pozo	59	28	41	77	9	237.9	2.2	7.9	0.71	41.3	12.4	106.5	27.5	241	Dura	Agresiva	553	Tolerable
Noria	60	26	36.8	460	8.6	396.5	13.5	8.2	2.76	114.7	8.7	553.8	24.5	218.5	Dura	Incrustante	1605	Salada
Manantial	61	58	78	52.4	1.9	353.8	1.1	7.6	1.02	145.9	2.5	85.2	25	470	Muy dura	Agresiva	778	Tolerable
Manantial	62	24	36.6	65.5	6.2	219.6	2	7.6	0.64	51.8	6.2	88.7	30	212.5	Dura	Incrustante	499	Dulce
Noria	63	26	50.3	377.2	8.6	335.5	9.9	7.5	2.42	31.2	11.8	536	*	274.5	Dura	Agresiva	1377	Tolerable
Pozo	64	28	54.2	75	7.8	18.9	1.9	8	0.9	7	0.8	22.7	28	296	Dura	Agresiva	599	Tolerable
Pozo	65	66	121.2	128.8	10.1	195.2	2.2	8	1.63	250.1	12.4	340.8	27.5	670	Muy dura	Incrustante	1125	Tolerable
Pozo	66	30	49.4	284.3	8.2	305	7.4	7.7	1.92	83	11.8	390.5	24	281	Dura	Agresiva	1162	Tolerable
Noria	67	70	120	388.7	11.3	244	6.5	7.6	3.2	104.2	15.5	809.4	25	675	Muy dura	Agresiva	1763	Salada
Noria	68	30	10.8	81.6	6.2	189.1	2.3	8	0.81	83	6.2	117.1	25.5	245	Dura	Agresiva	554	Tolerable
Pozo	69	38	40.5	205.2	4.7	262.3	5.4	8.1	1.51	187.7	14.9	213	*	268	Dura	Incrustante	967	Tolerable
Noria	70	30	15.8	91.5	5.8	317.2	3.4	8	0.61	*	29.1	46.1	*	141	Poco dura	Agresiva	536	Tolerable
Noria	71	36	39.8	117.1	6.6	286.7	3.2	7.7	0.9	124.8	14.9	95.8	*	256	Dura	Agresiva	722	Tolerable
Pozo	72	38	26	63.5	7.8	268.4	1.9	7.7	0.61	41.3	21.1	49.7	*	203.5	Dura	Agresiva	516	Dulce
Noria	73	116	121.4	213.7	25	207.4	3.3	7.3	2.91	31.2	14.3	788.1	25	796	Muy dura	Agresiva	1517	Salada
Pozo	74	52	51.5	76.4	6.2	262.3	1.8	8.2	0.9	124.8	3.7	127.8	*	344.5	Muy dura	Incrustante	705	Tolerable
Noria	75	70	121	258.5	18.3	231.8	4.3	8.1	2.33	154.9	24.8	592.8	*	679	Muy dura	Incrustante	1463	Salada
Noria	76	40	51.5	107.7	9.4	250.1	2.6	8	1.02	104.2	8.7	149.1	*	314.5	Muy dura	Agresiva	721	Tolerable
Pozo	77	34	61	109.9	5.8	372.1	2.6	8.2	0.99	104.2	*	99.4	*	339	Muy dura	Incrustante	786	Tolerable
Pozo	78	70	102.4	118	10.5	225.7	2.1	7.8	1.51	250.1	14.9	284	*	601.5	Muy dura	Incrustante	1076	Tolerable
Noria	79	42	40.9	51.3	3.5	298.9	1.3	7.8	0.67	51.8	2.5	56.8	*	275.5	Dura	Agresiva	548	Tolerable
Pozo	80	140	120	173.2	14.8	189.1	2.6	8	2.91	11	14.9	745.5	26.5	850	Muy dura	Incrustante	1409	Salada
Noria	81	62	46.1	95.9	21.1	335.5	2.2	8.1	1.11	83	3.7	134.9	22	347	Muy dura	Incrustante	782	Tolerable
Manantial	82	48	57.6	103.5	3.9	439.2	2.4	7.8	1.05	31.2	3.7	120.7	25	360	Muy dura	Incrustante	808	Tolerable
Pozo	83	62	94	126.7	7.8	433.1	2.4	7.6	1.4	208.3	8.7	166.8	*	546.5	Muy dura	Incrustante	1107	Tolerable
Noria	84	50	69.2	122.8	7.8	366	2.6	8.2	1.25	73	12.4	195.2	*	413.5	Muy dura	Incrustante	896	Tolerable
Manantial	85	52	62.6	122.6	5.8	408.7	2.7	8.1	1.22	31.2	2.5	191.7	30	391	Muy dura	Incrustante	877	Tolerable
Pozo	86	48	40.7	95.7	5.5	311.1	2.4	7.8	0.9	104.1	*	106.5	8	289.5	Dura	Agresiva	712	Tolerable
Noria	87	52	58.9	95	8.6	292.8	2.1	7.5	1.05	104.2	7.4	159.7	*	375.5	Muy dura	Agresiva	779	Tolerable
Manantial	88	56	66	118	2.7	359.9	2.5	7.8	1.22	145.9	8.7	163.3	22	415	Muy dura	Incrustante	921	Tolerable
Noria	89	116	100.8	274.2	11.7	207	4.5	8.1	2.33	563	12.4	344.3	*	710	Muy dura	Incrustante	1630	Salada
Manantial	90	42	24.5	149.3	4.3	244	4.5	8	1.14	62.4	8.7	205.9	30.5	207	Dura	Incrustante	741	Tolerable
Noria	91	68	111.2	282.4	12.5	298.9	4.9	8.1	2.48	166.6	6.2	560.9	22	635	Muy dura	Incrustante	1507	Tolerable
Noria	92	54	54.7	96.8	8.2	323.3	2.2	8.1	0.99	124.8	13	106.5	8	363	Muy dura	Incrustante	781	Tolerable
Noria	93	30	22.8	24.1	5.8	183	0.8	7.4	0.43	31.2	2.5	28.4	*	170	Dura	Agresiva	328	Dulce
Noria	94	62	133.2	1902	14	689.3	31	8.2	10.2	542.4	32.9	2449.5	*	710	Muy dura	Incrustante	5825	Salada
Manantial	95	30	22	116.6	4.7	237.9	3.9	8.1	0.79	83	3.7	106.5	27	166.5	Dura	Agresiva	604	Tolerable
Noria	96	50	90	109.5	2.3	286.7	2.1	8.1	1.34	124.8	8.7	252	*	500	Muy dura	Incrustante	924	Tolerable
Noria	97	36	20.8	127.6	4.3	237.9	4.2	8	0.84	93.6	2.5	106.5	*	176.5	Dura	Agresiva	629	Tolerable
Noria	98	130	121.8	130.6	2.3	378.2	2	7.9	1.92	218.9	14.9	362.1	*	832.5	Muy dura	Incrustante	1359	Tolerable
Pozo	99	60	76.6	99.8	2.7	347.7	2	7.9	1.17	124.8	9.9	188.1	*	469	Muy dura	Incrustante	910	Tolerable
Pozo	100	56	64.3	92.5	2.7	359.9	2	7.8	1.05	93.6	8.7	145.5	*	408	Muy dura	Incrustante	823	Tolerable
Noria	101	14	7	122.6	3.1	195.2	6.7	7.9	0.71	124.8	3.7	28.4	*	64	Suave	Agresiva	499	Dulce
Noria	102	40	31.2	155.7	4.3	474.5	4.5	7.9	1.71	62.4	8.7	184.6	*	230	Dura	Agresiva	761	Tolerable
Noria	103	60	82.1	97.5	2.3	329.4	1.9	7.7	1.71	114.7	8.7	195.2	*	492	Muy dura	Incrustante	890	Tolerable
Manantial	104	36	27.1	89.5	33.5	244	2.7	7.3	0.82	51.8	2.5	124.2	27	203	Dura	Agresiva	609	Tolerable
Noria	105	66	120	159.8	3.9	335.5	2.7	7.9	1.72	208.3	3.7	372.7	*	665	Muy dura	Incrustante	1270	Tolerable
Manantial	106	28	32.9	225.9	7.8	341.6	6.8	8.2	1.57	11	24.8	280.4	27	207	Dura	Incrustante	952	Tolerable
Manantial	107	28	30.1	228.6	8.2	353.8	7.1	8.3	1.51	*	33.5	280.4	28.5	195.5	Dura	Incrustante	963	Tolerable
Noria	108	86	109.2	65.1	1.9	298.9	1.1	8	1.22	333.6	8.7	120.7	8	670	Muy dura	Incrustante	1024	Tolerable
Pozo	109	104	120	190.9	9	268.4	3	8.1	2.33	145.9	8.7	571.6	*	760	Muy dura	Incrustante	1418	Salada
Manantial	110	18	14.8	129	5.5	262.3	5.4	8.2	0.82	11	3.7	117.1	28	106.5	Poco dura	Agresiva	561	Tolerable

* RAS –Relación de adsorción de sodio. *CE-Conductividad eléctrica (µS/cm). *TSD-Total de sólidos disueltos.
* – No determinado.

Continúa tabla 2.

Obra	No.	Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	Na+ (mg/l)	K+ (mg/l)	HCO3- (mg/l)	RAS*	pH	CE*	SO42- (mg/l)	NO3-N (mg/l)	Cl- (mg/l)	T (°C)	CaCO3 (mg/l)	Dureza	Agresiv. Agua	TSD* (mg/l)	Calidad Agua
Noria	111	40	63.8	53.4	3.5	384.3	1.2	7.8	0.82	83	33.5	42.6	8	366	Muy dura	Agresiva	704	Tolerable
Noria	112	88	57.6	226.1	5.5	262.3	4.6	8.1	2.04	20.6	8.7	479.2	*	460	Muy dura	Incrustante	1148	Tolerable
Noria	113	72	44.2	176.6	1.2	378.2	4	7.9	1.34	187.7	12.4	166.8	*	364	Muy dura	Incrustante	1039	Tolerable
Pozo	114	72	44.2	176.6	1.2	378.2	4	7.9	1.34	187.7	12.4	166.8	*	364	Muy dura	Incrustante	1039	Tolerable
Noria	115	42	64.6	47.8	2.3	390.4	1.1	7.7	0.79	83	8.7	53.2	*	374	Muy dura	Agresiva	692	Tolerable
Pozo	116	70	65.2	112	2.3	347.7	2.3	7.8	1.22	145.9	8.7	173.9	*	446.5	Muy dura	Incrustante	926	Tolerable
Manantial	117	42	53.9	84.6	2.7	262.3	2	7.5	0.9	124.8	3.7	117.1	28	329.5	Muy dura	Agresiva	691	Tolerable
Noria	118	48	63.5	111.3	4.5	286.7	2.5	7.6	1.22	104.2	8.7	202.3	*	384.5	Muy dura	Agresiva	829	Tolerable
Pozo	119	540	537.4	959.1	49.5	158.6	7	7.5	10.2	83	*	3791.4	*	3589	Muy dura	Incrustante	6119	Salada
Noria	120	44	60.5	72.4	2.3	433.1	1.7	7.4	0.93	51.8	8.7	78.1	*	362	Muy dura	Agresiva	751	Tolerable
Manantial	121	18	22.3	28.3	3.5	158.6	1	7.3	0.35	11	8.7	42.6	*	138	Poco dura	Agresiva	293	Dulce
Noria	122	26	45.4	51.5	3.5	286.7	1.4	7.3	0.64	51.8	37.2	42.6	*	254	Dura	Agresiva	545	Tolerable
Manantial	123	163	204.6	1787	11.3	170.8	21.9	8	8.5	961.9	*	2938.3	25	1260	Muy dura	Agresiva	6243	Salada
Noria	124	147	115.8	1510	9.4	122	22.5	7.3	7.65	780.5	6.2	2449.5	*	850	Muy dura	Agresiva	5140	Salada
Manantial	125	110	166.8	151.8	0.8	170.8	2.11	8.1	2.32	284.6	4.3	581.8	24	970	Muy dura	Agresiva	1483	Salada
Manantial	126	4	0.6	223.6	0.8	12.2	27.5	9.9	1.08	30.2	*	301.7	30	125	Poco dura	Agresiva	606	Tolerable
Manantial	127	110	105.6	170	0.8	189.1	2.76	8.1	2.13	292.8	12.4	417.5	19	715	Muy dura	incrustante	1304	Tolerable
Manantial	128	36	178.8	371.4	6.2	128.1	5.59	8.4	2.77	457	24.8	667.4	24	835	Muy dura	Agresiva	1882	Salada
Manantial	129	204	135.6	257.8	1.9	170.8	3.42	7.9	2.81	790.6	0.6	511.9	24	1075	Muy dura	Agresiva	2073	Salada
Manantial	130	146	260.4	1240	29.2	122	14.2	8.3	7.51	79.2	6.2	2900.3	24	1450	Muy dura	Agresiva	4789	Salada
Noria	131	12	7.8	674.4	12.9	298.9	37.1	8.4	2.72	288	1.9	637.9	*	62.5	Suave	Agresiva	1946	Salada
Noria	132	486	164.4	641	11.7	213.5	6.39	7.7	5.67	758.4	5.6	1660.7	*	1900	Muy dura	incrustante	3941	Salada
Noria	133	72	151.2	673.9	5.8	207.4	10.3	8.3	3.74	307.2	6.2	1181.8	*	810	Muy dura	Agresiva	2612	Salada
Noria	134	146	116.4	1346	12.5	134.2	20.1	7.6	6.94	73	1.2	2411.5	*	850	Muy dura	Agresiva	4240	Salada
Noria	135	56	40.8	645.6	10.9	219.6	15.9	8.2	3.12	287.5	2.5	957.4	*	310	Muy dura	incrustante	2220	Salada

* RAS –Relación de adsorción de sodio. *CE-Conductividad eléctrica (µS/cm). *TSD-Total de sólidos disueltos.
* – No determinado.

En las figuras de la 4 a la 19 se muestran las interpolaciones de los diferentes atributos químicos del agua subterránea que se muestran en la tabla 2. En estas interpolaciones podemos apreciar que las mayores concentraciones de Na^+, Relación de adsorción de sodio (RAS), Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}, y Cl^-, (Fig. 4, 5, 6, 7, 8 y 9, respectivamente) se presentan asociadas a la litología de las sierras bajas, y en la porción norte de la laguna San Ignacio, con valores superiores a 8.5 de pH y alta conductividad eléctrica (Fig. 10, 11) respectivamente), esta última se manifiesta con valores altos en la Sierra de Santa Clara, al oeste de la laguna Ojo de Liebre y al norte de la laguna San Ignacio, lo cual es consistente con valores altos de sólidos disueltos que se detectaron en las muestras de agua subterránea de esas zonas (Fig. 18).

Las concentraciones altas de SO_4^{2-}, (Fig. 12), se encuentran asociadas a las sierras bajas, al norte de la laguna San Ignacio y en la porción oriental de la Sierra de la Giganta (sierras altas), mientras que para el HCO_3^-, y NO_3-N, se presentan en la llanura del Vizcaíno y en la Sierra de la Giganta (sierras altas), en donde también se registra la mayor temperatura de agua (60 ºC), asociada a la actividad hidrotermal del complejo volcánico de Las Tres Vírgenes (Fig. 13, 14 y 15, respectivamente).

Las concentraciones de $CaCo_3$, que se interpolan en la figura 16, señalan que el agua subterránea en la mayor parte de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno es muy dura, con valores que superan los 1100 mg/l en áreas de la unidad geomorfológica de sierras bajas,

en donde además el agua, según los términos de referencia de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas G12-1 y G11-3, de INEGI (1983a, 1989c), reportan agua agresiva ya que disuelve el $CaCo_3$ (Fig. 17). En esta misma área las altas concentraciones de $CaCo_3$, son consistentes con las de sólidos disueltos totales (Fig. 18) por lo que el rango de calidad de agua es salada, así como en la porción norte de la laguna San Ignacio, con concentraciones de sólidos disueltos totales superior a los 1400 mg/l.

La calidad de agua tolerable con rango de sólidos disueltos totales de entre 525 –1400 mg/l, y con características de dureza de poco dura a dura ($CaCo_3$, de entre 75 – 300 mg/l), se encuentra asociada a las sierras altas, mientras que la calidad de agua dulce se limita a la zona de bajada con lomeríos ubicada al este de la laguna Ojo de Liebre entre las unidades geomorfológicas de llanura y la porción occidental de la Sierra de La Giganta, en donde las concentraciones de sólidos disueltos totales es menor a 525 mg/l y $CaCo_3$ menor a 75 mg/l, por lo que es considerada agua suave e incrustante (deposita $CaCo_3$).

De la descripción anterior, es de destacar la tendencia a concentrarse pozos, norias y manantiales en tres franjas de calidad de agua (Fig. 19), consistentes con las regiones tectónicas de la Reserva (Fig. 10 del Capitulo I). De tal manera que la mayoría de pozos y norias de agua dulce forman una franja asociada al Cinturón Volcánico Miocénico (Sierras altas), en donde predomina la litología de rocas volcánicas y volcaniclásticas de la Formación Comondú. Paralela a ésta y hacia el oeste en el Sinclinal Californiano, con rocas sedimentarias, Cenozoicas y Mesozoicas que atestiguan ambientes costeros, lagunares y de plataforma, se forma otra franja que en superficie constituye la unidad geomorfológica de llanura con predominio de depósitos cuaternarios de origen eólico, aluvial, coluvial y proluvial, en donde la mayoría de los pozos y norias presentan calidad de agua de tolerable a salada. Posterior a esta franja en el Bloque Tectónico Mesozoico (sierras bajas: Santa Clara, y San José de Castro) en donde afloran ofiolítas, mélange formado por rocas metamórficas y rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico que atestiguan ambientes costeros y lagunares, así como la porción occidental de la llanura del Vizcaíno en donde se ubican las lagunas costeras de Ojo de Liebre y San Ignacio, en donde predominan los depósitos Cuaternarios de marismas con minerales evaporíticos, se forma una tercera franja con pozos y norias con calidad de agua salada.

De la información anterior es de destacar los valores mínimo y máximo de total de sólidos disueltos (TSD) y calidad de agua (tabla 2), los cuales corresponden al manantial 121, de agua dulce con TSD de 293 mg/l, ubicado en el Cinturón Volcánico Miocénico y el manantial 123, de agua salada ubicado al otro extremo de la Reserva en el Bloque tectónico mesozoico con TSD de 6243 mg/l (Fig. 18, 19).

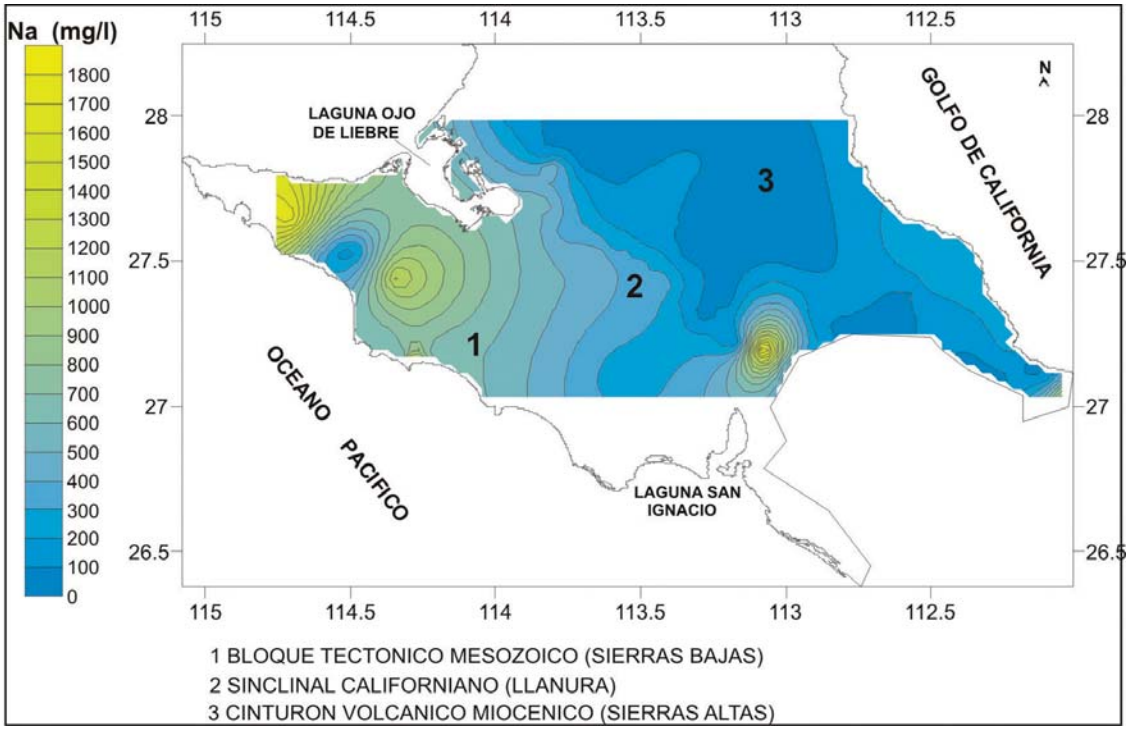


Figura 4. Interpolación de los valores de Na^+, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

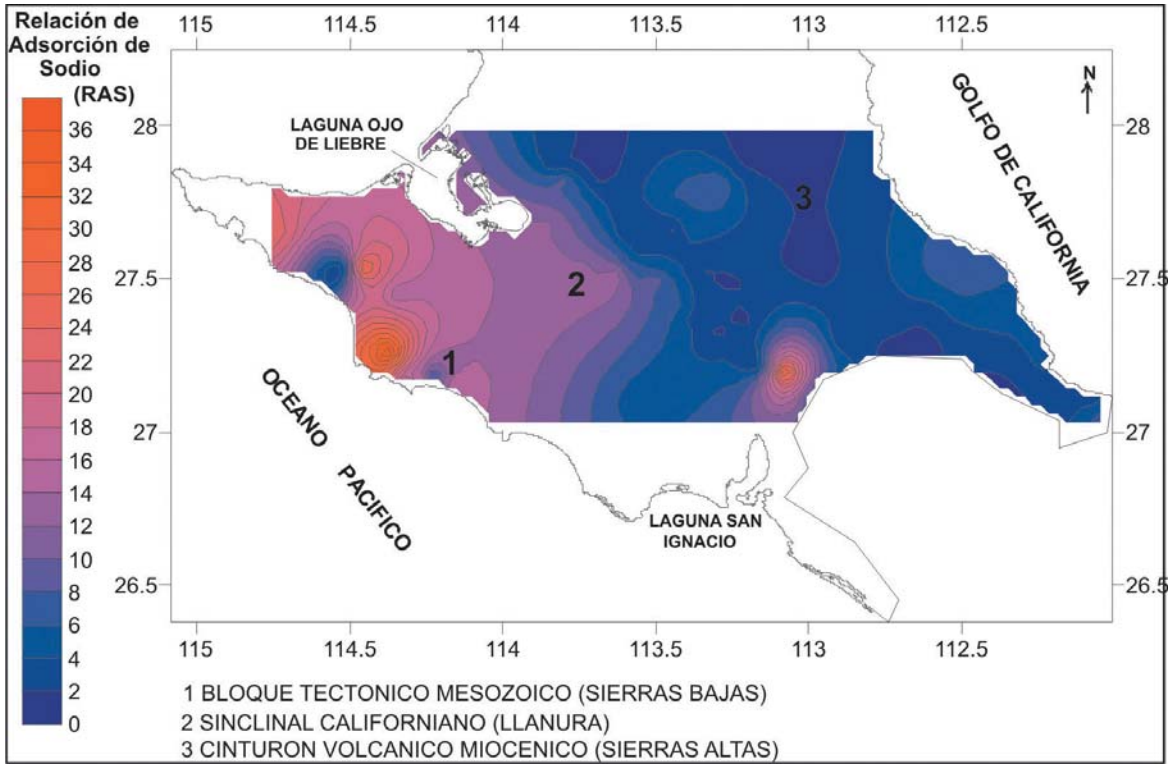


Figura 5. Interpolación de los valores de Relación de adsorción de sodio presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c)

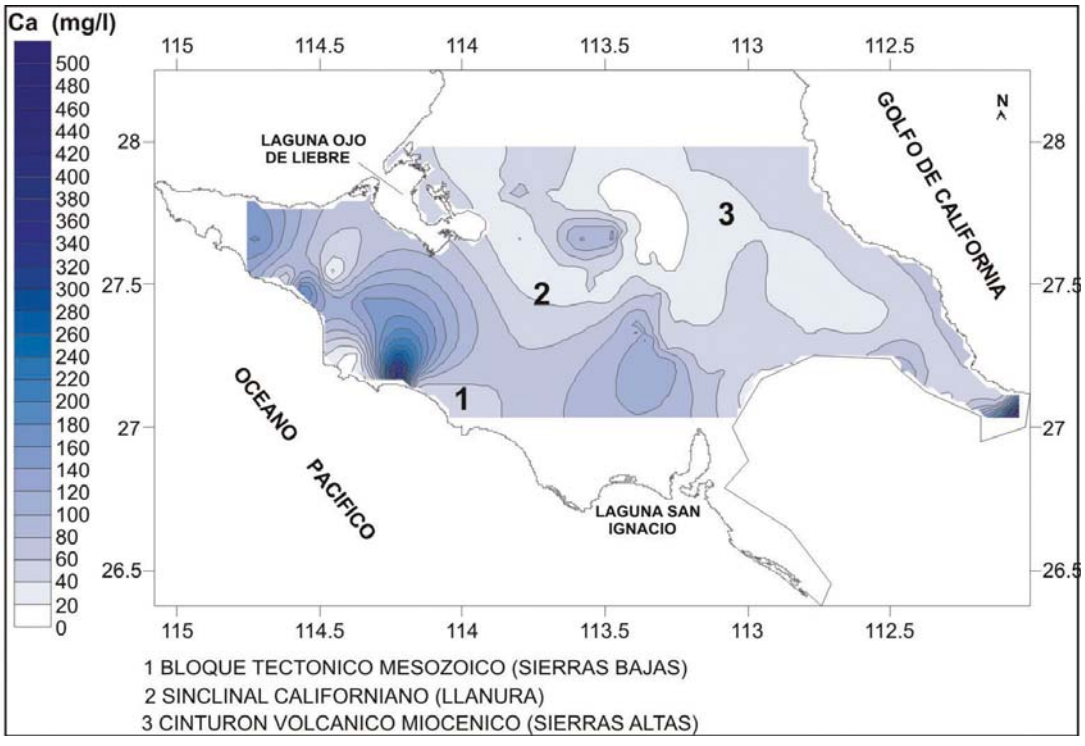


Figura 6. Interpolación de los valores de de Ca^{2+}, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

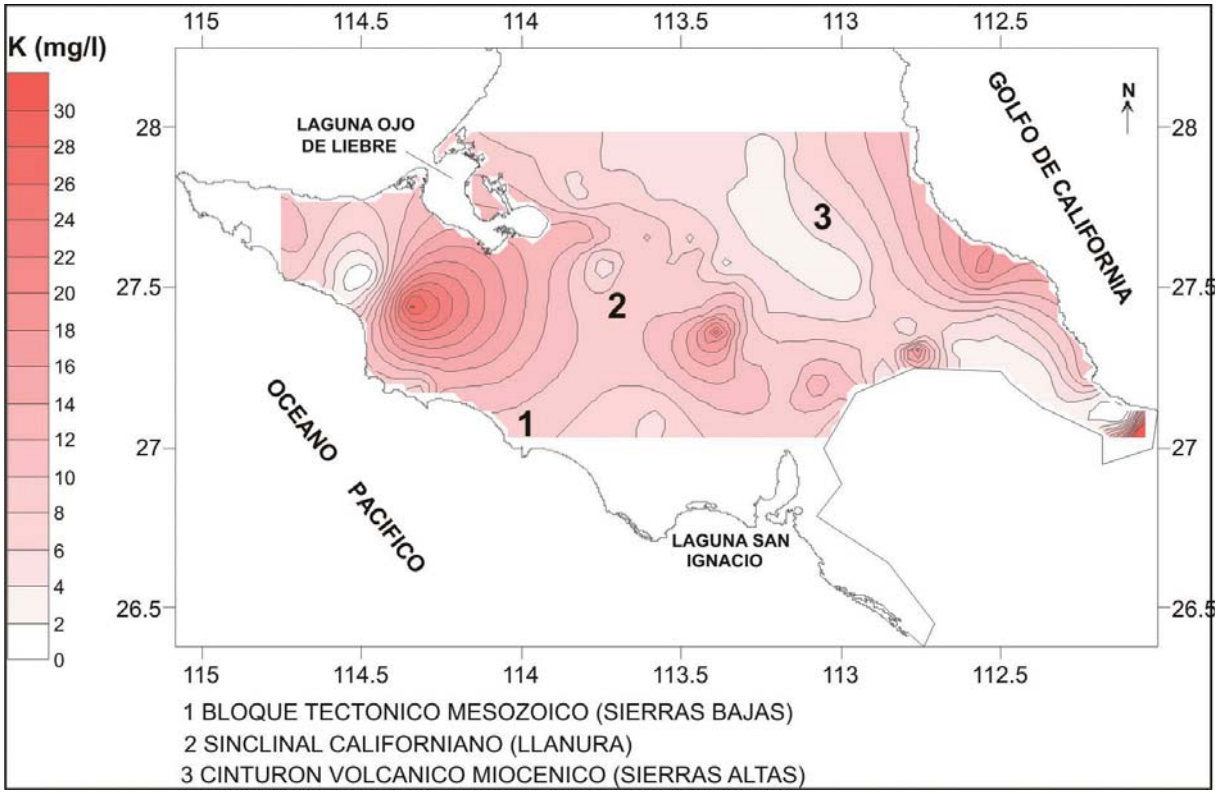


Figura 7. Interpolación de los valores de K^{+}, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

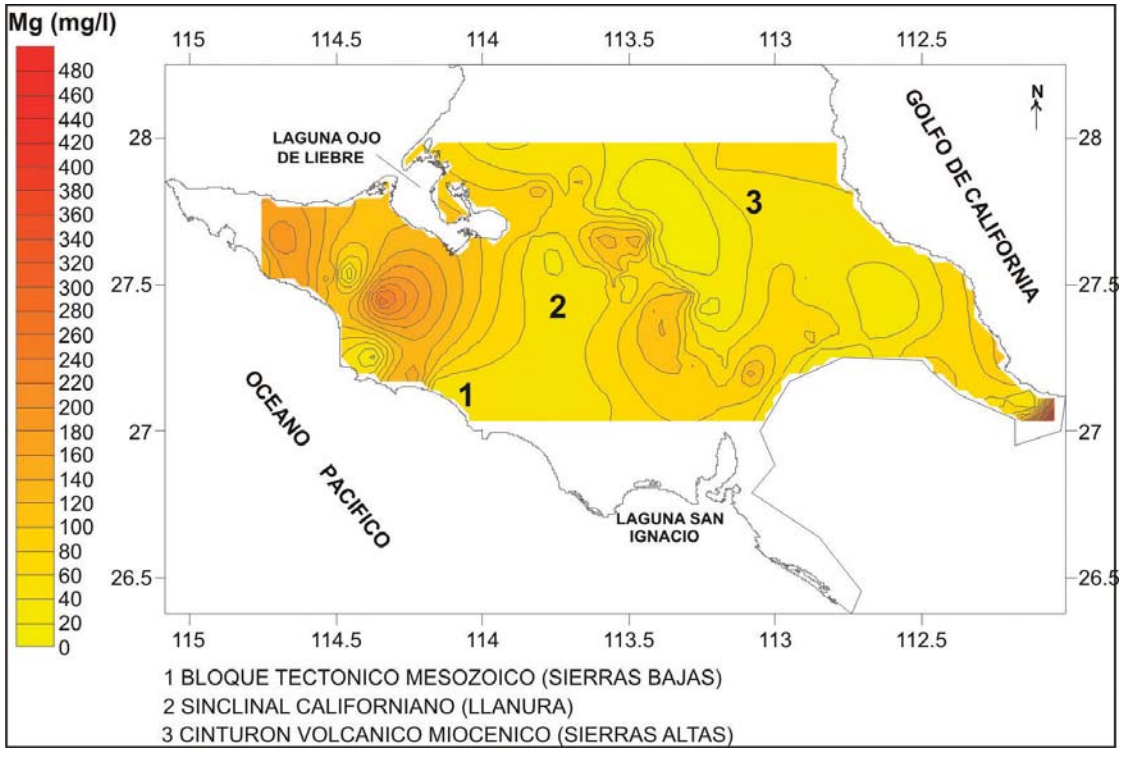


Figura 8. Interpolación de los valores de Mg^{2+}, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

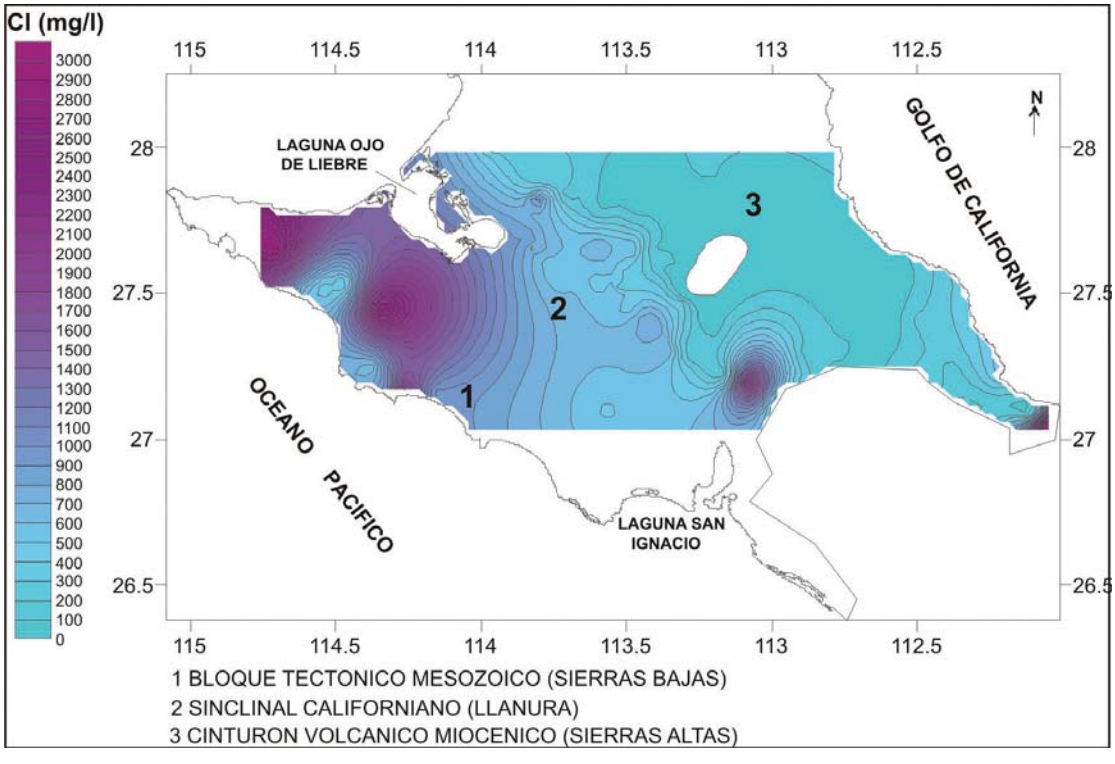


Figura 9. Interpolación de los valores de Cl^{-}, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

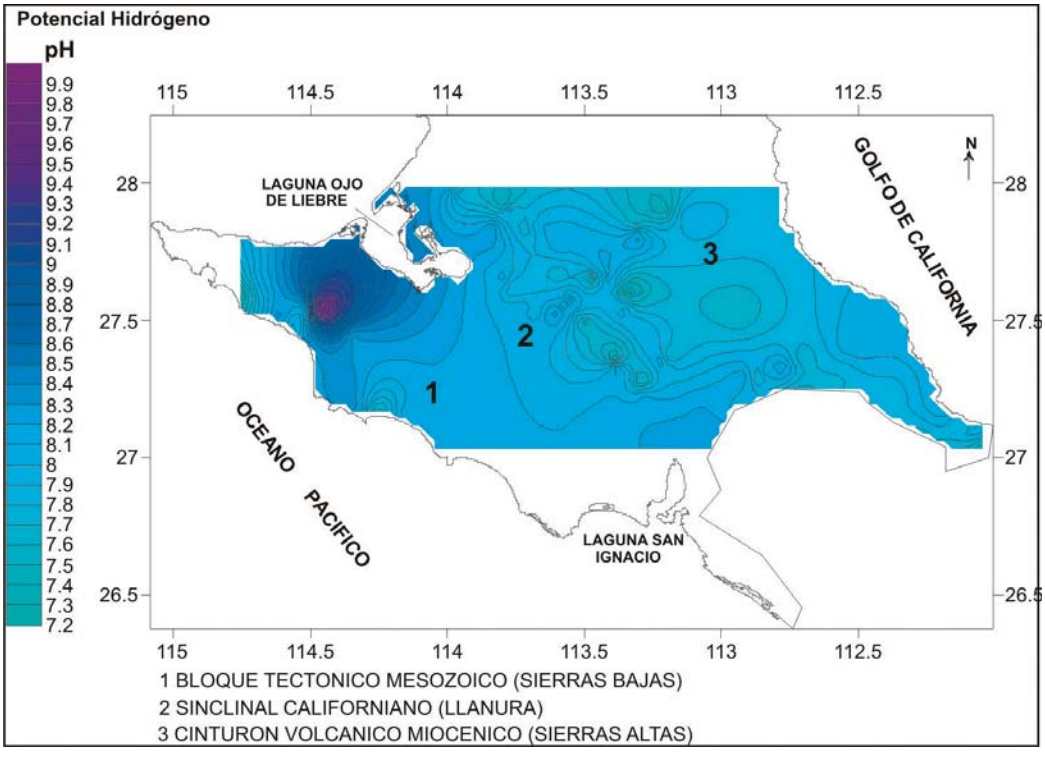


Figura 10. Interpolación de los valores de pH, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

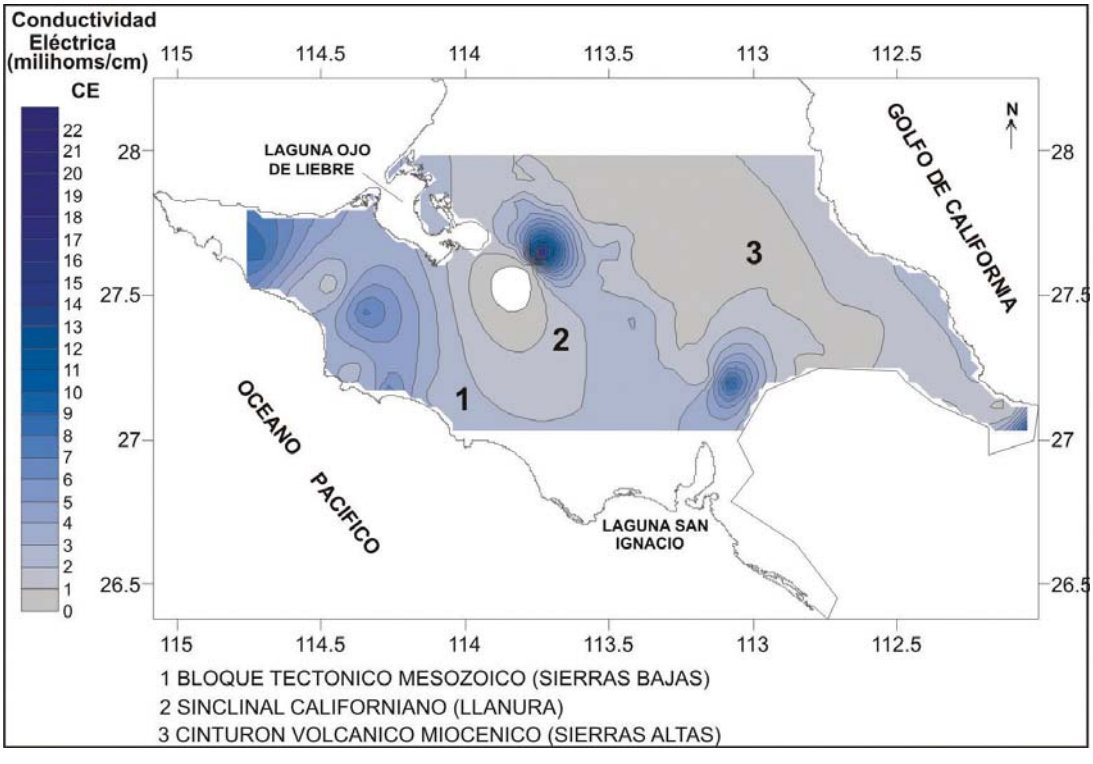


Figura 11. Interpolación de los valores Conductividad eléctrica, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

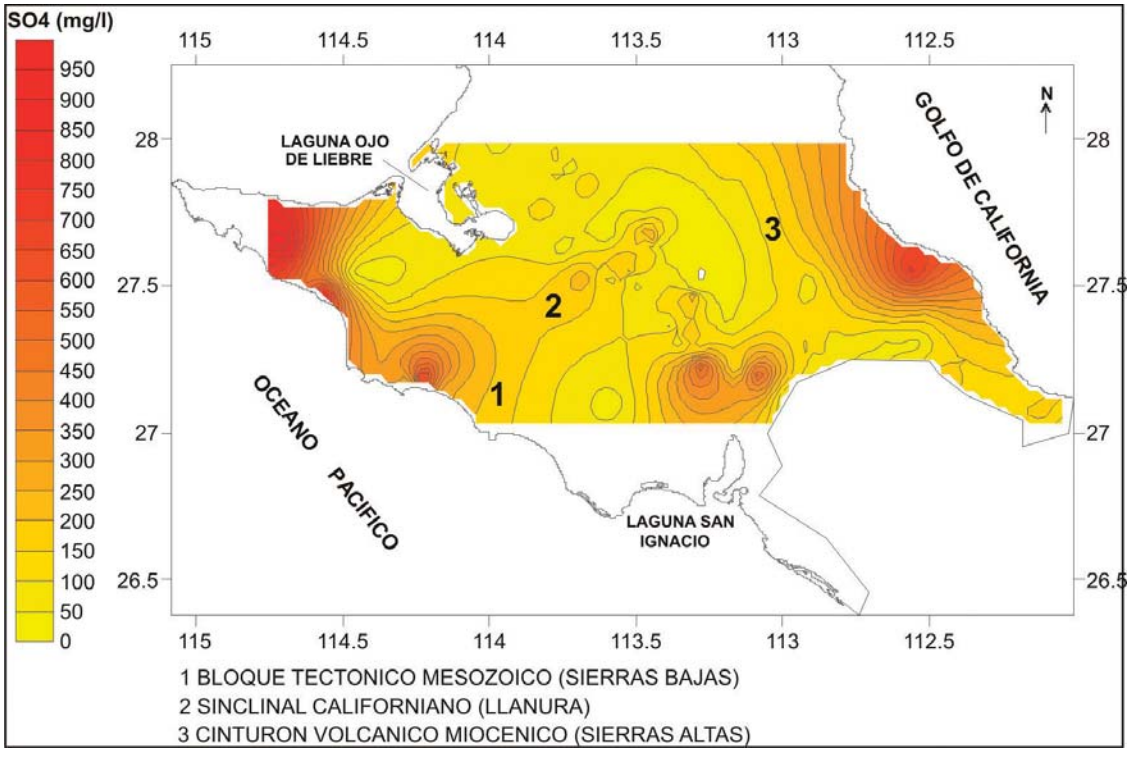


Figura 12. Interpolación de los valores de SO_4^{2-}, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

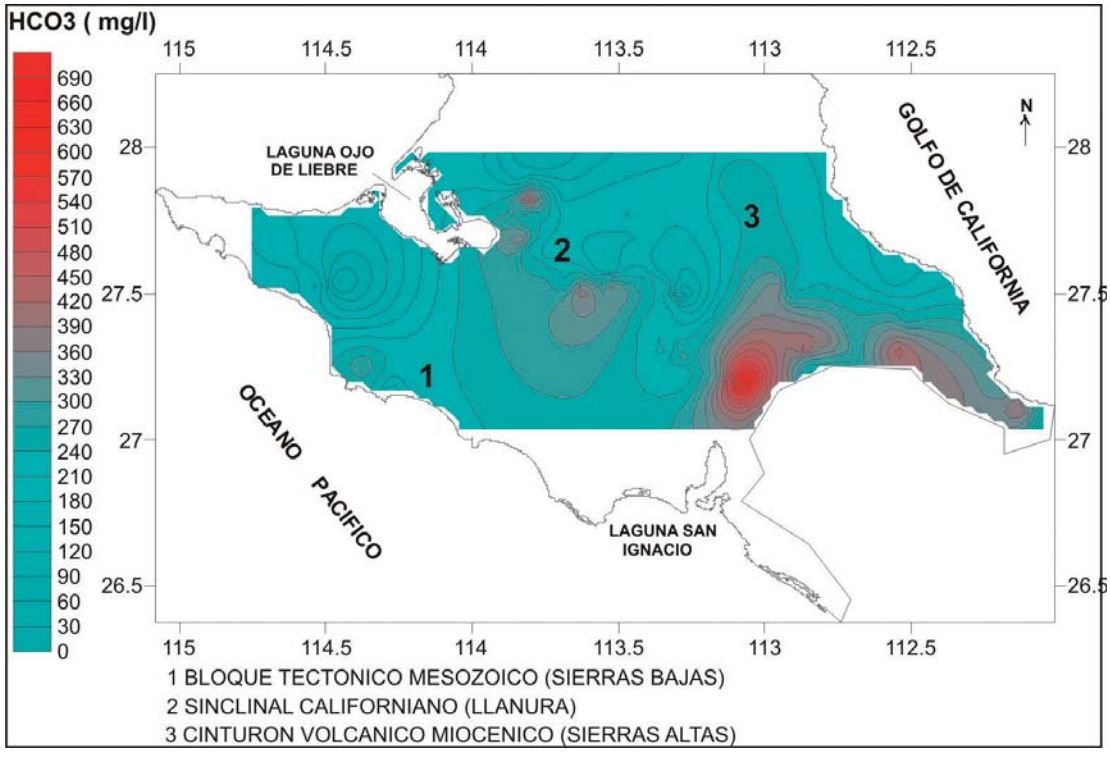


Figura 13. Interpolación de los valores HCO_3^-, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

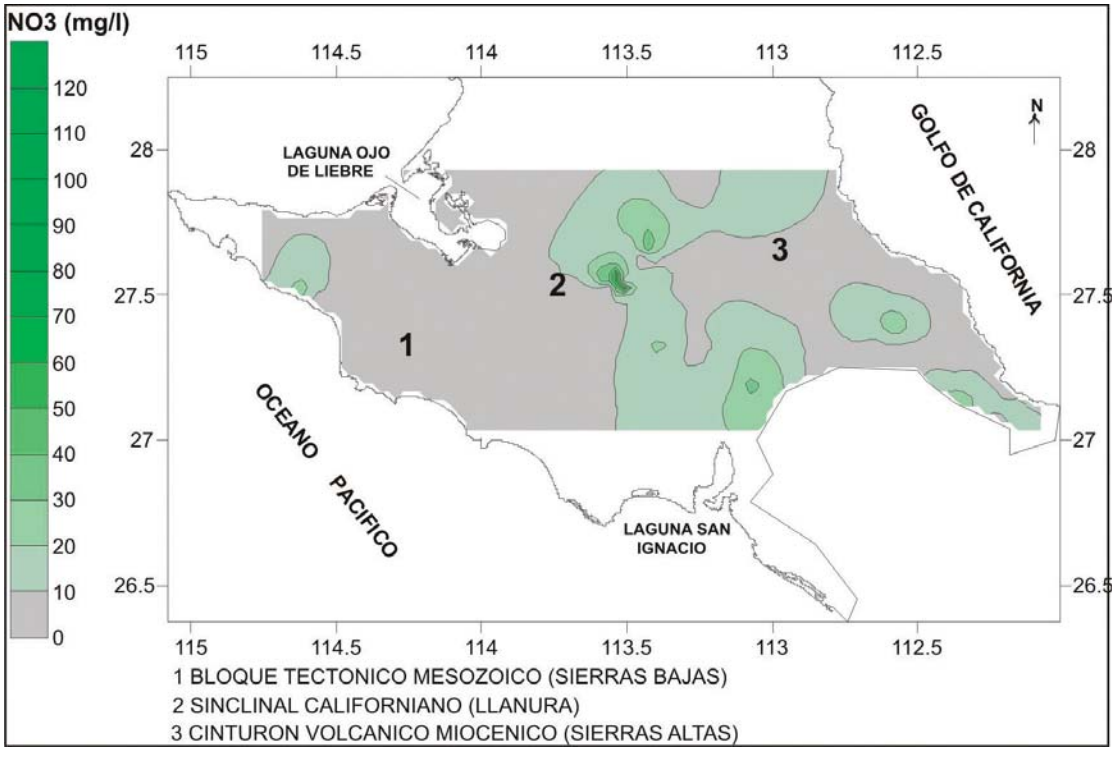


Figura 14. Interpolación de los valores NO_3-N, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

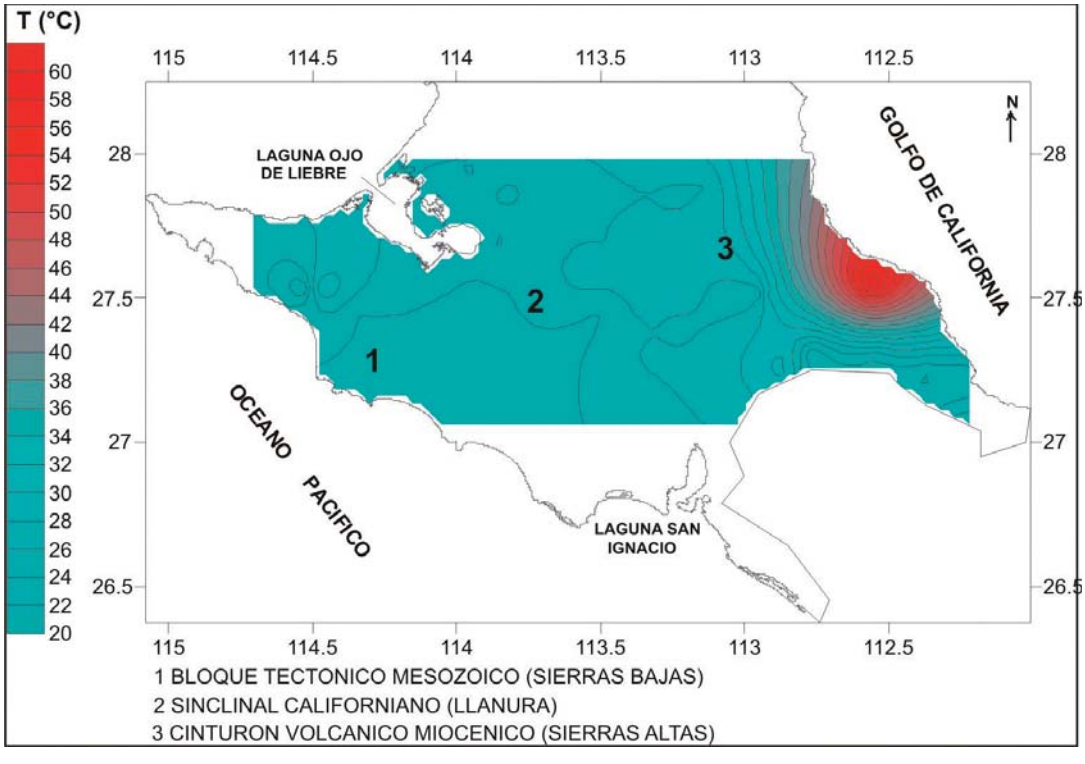


Figura 15. Interpolación de los valores de Temperatura del agua, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

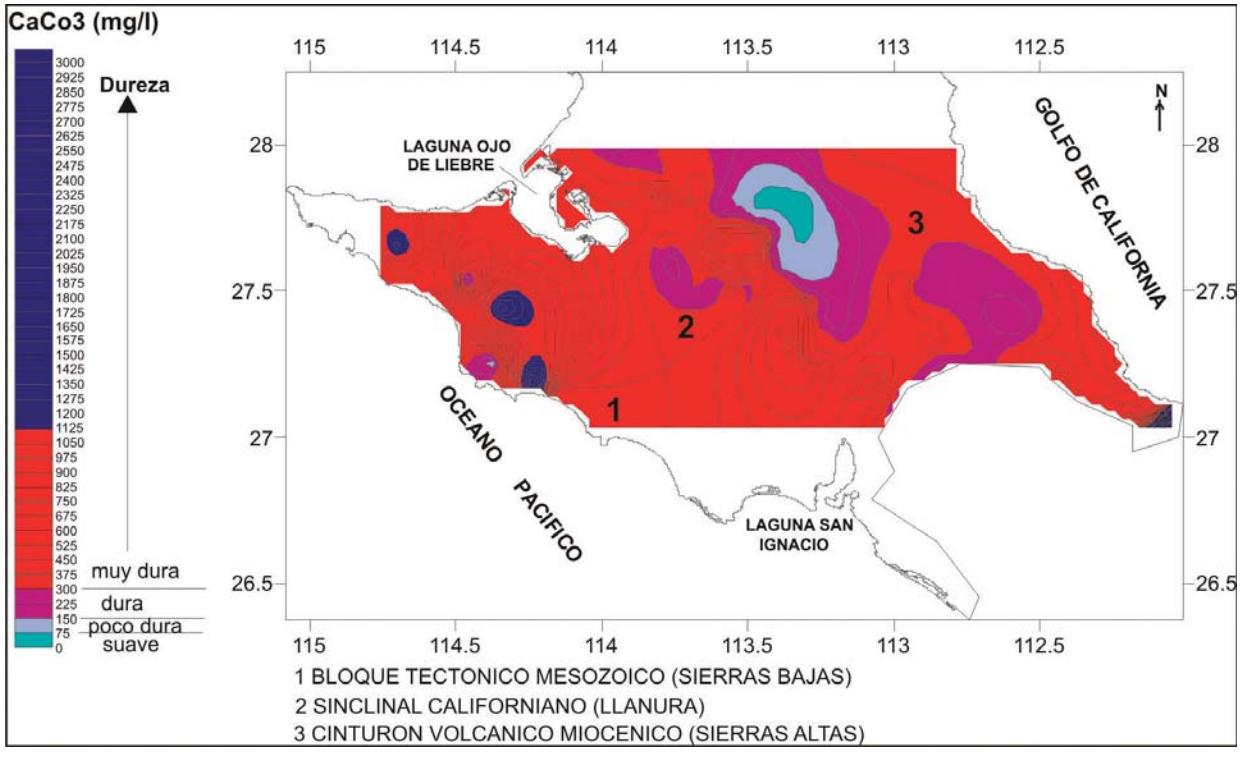


Figura 16. Interpolación de los valores de $CaCo_3$, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

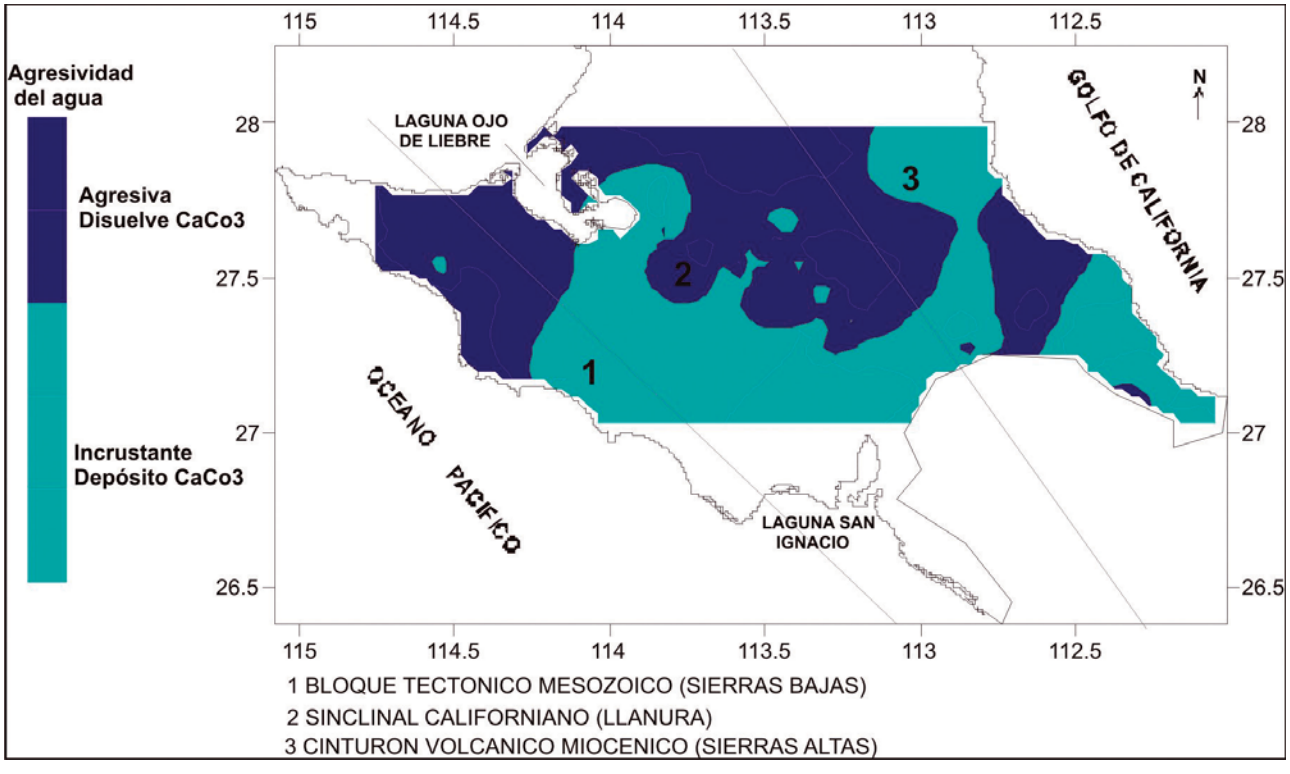


Figura 17. Interpolación Agresividad del agua, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

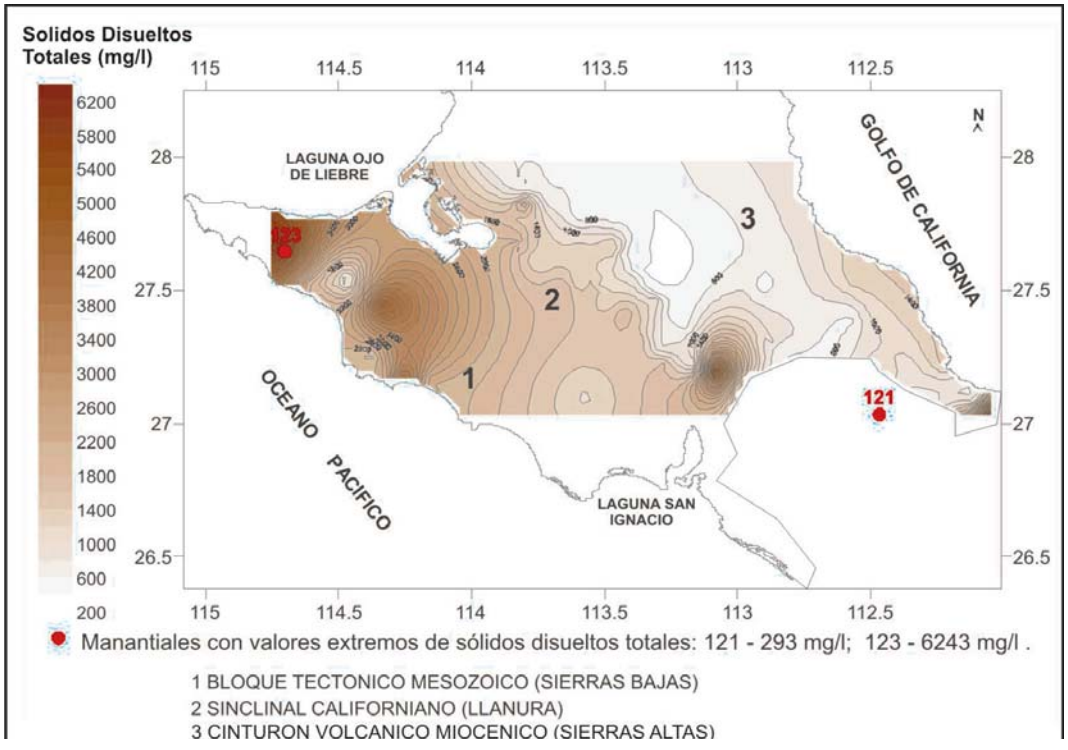


Figura 18. Interpolación de los valores de Sólidos disueltos totales, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

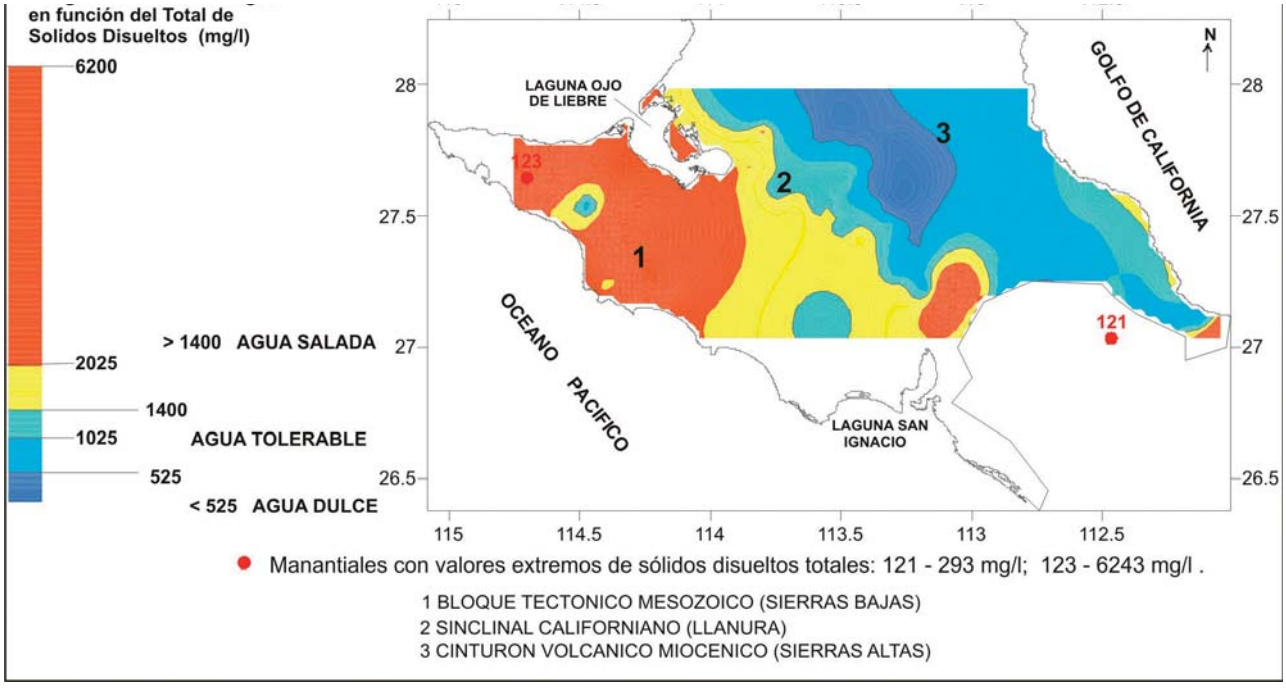


Figura 19. Interpolación de los Rangos de calidad del agua en función del total de sólidos disueltos, presentados en la tabla 2, tomados de las cartas hidrológicas de aguas subterráneas: G12-1 y G11-3, INEGI (1983a, 1989c).

Por otra parte en la tabla 3, se presentan los parámetros hidrológicos de 28 pozos muestreados en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno en mayo de 2003, por parte del personal científico del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR, 2003), y su distribución espacial se muestra en la figura 1. De esta información se interpolaron los datos de Total de sólidos Disueltos (TDS) y calidad de agua de acuerdo a los rangos que se presentan en la carta Hidrológica de Aguas Subterráneas G12-1 de INEGI (1983), cuyos resultados se muestran en la figura 20 y 21, respectivamente.

En estas figuras se puede apreciar la tendencia señalada anteriormente a concentrar los pozos y norias en tres franjas. En este caso los valores extremos de TSD, corresponden al pozo 23 de agua dulce con un mínimo de 180 mg/l, ubicado en el Cinturón Volcánico Miocénico y el pozo 8 de agua salada con 4757 mg/l, en el Sinclinal Californiano (al norte de la laguna Ojo de Liebre, Figura 20 y 21)

De lo anterior es de destacar que entre la información del análisis químico presentado en las carta Hidrológica de Agua Subterránea G12-1 de INEGI (1983a) y la del CIBNOR (2003), existe cuando menos veinte años de diferencia y sin embargo la tendencia espacial en la calidad de agua que se muestra en las figuras 19 y 21 son muy similares.

Tabla 3. Resultado del análisis químico de muestras de agua subterránea, muestreo realizado por CIBNOR (2003).

Long. W	Lat. N	Obra	No.	PTO*	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	pH	CE*	SO_4^{2-}	NO_3-N	Cl^{-}	T	S	NO_2-N	$CaCO_3$	Dureza	TSD*	Calidad
					(mg/l)	(mg/l)	(mg/)			(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(°C)	psu	(mg/l)	(mg/l)		(mg/l)	Agua
113.97306	27.97056	Pozo	1	12.8	69	45	232	7.8	2046	52.2	1.01	476.5	21.3	1	0.002	357	Muy dura	1371	Tolerable
113.83444	27.87972	Pozo	2	28.9	43	27	147	7.8	973	21.5	0.42	301.9	23.5	0.6	0.001	218	Dura	430	Dulce
113.70028	27.82583	Pozo	3	*	31	28	53	7.7	481	50.4	1.74	124.9	24.8	0.3	0.002	192	Dura	222	Dulce
113.45222	27.71722	Pozo	4	*	18	13	119	7.8	576	28.1	5.15	152.1	26	0.4	0.006	98	Poco dura	277	Dulce
113.44194	27.61583	Pozo	5	*	14	16	75	7.8	600	19.4	3.08	61.5	25.7	0.3	0.002	101	Poco dura	402	Dulce
113.48028	27.62139	Pozo	6	*	29	39	108	7.8	1152	67.2	9.37	226.3	26.4	0.6	0.025	233	Dura	772	Tolerable
113.46778	27.68111	Pozo	7	*	64	30	107	7.9	1142	48.1	14	221.7	24.8	0.6	0.002	283	Dura	765	Tolerable
113.97361	27.92417	Pozo	8	3.2	67	63	1698	8.3	7100	98.4	1.41	1342.9	17	3.9	0.009	426	Muy dura	4757	Salada
113.96333	27.91694	Pozo	9	4.15	63	52	1063	8.2	4038	68.5	0.78	989.9	17.8	2.2	0.006	371	Muy dura	2705	Salada
113.91806	27.88556	Pozo	10	7.75	67	40	545	7.9	4098	24.2	0.76	1001	19.6	2.2	0.04	331	Muy dura	2746	Salada
113.85694	27.85361	Pozo	11	16.1	56	94	317	7.8	3169	54.8	0.66	746.6	22.5	1.7	0.001	526	Muy dura	2123	Salada
113.8325	27.8175	Pozo	12	11.1	100	138	401	7.8	2205	105	0.94	1029.5	21.7	1.1	0.001	817	Muy dura	1477	Salada
113.82806	27.83361	Pozo	13	15.8	118	95	405	8.3	2135	53.4	0.69	973.3	19.4	1.1	0.002	685	Muy dura	1430	Salada
113.82333	27.81444	Pozo	14	11	22	24	273	8.1	1842	46.8	1.18	445.2	19.7	0.9	0.01	153	Dura	1234	Tolerable
113.82972	27.78833	Pozo	15	6.2	45	41	290	7.9	1372	72.7	0.36	565	22.9	0.7	0.004	281	Dura	919	Tolerable
113.78361	27.78083	Pozo	16	9.4	54	43	187	7.9	1734	94.1	4.26	390.8	22.1	0.9	0.005	311	Muy dura	1162	Tolerable
113.77917	27.74667	Pozo	17	6.6	24	25	120	8	1039	36.7	0.99	247.9	22.6	0.5	0.004	163	Dura	696	Tolerable
113.82639	27.67056	Pozo	18	2.8	12	20	382	8	2431	53.8	1.51	628.6	21.3	1.2	0.006	112	Poco dura	1629	Tolerable
113.75556	27.61806	Pozo	19	6.9	25	42	456	8.1	3304	62.9	4.93	661.8	19.2	1.7	0.249	235	Dura	2214	Salada
113.71972	27.57556	Pozo	20	7.2	13	24	306	8	2061	50.9	3.99	496.8	22.6	1.1	0.054	131	Poco dura	1381	Tolerable
113.67694	27.52944	Pozo	21	7	14	15	260	7.8	2594	61.6	0.56	800	22.9	1.3	0.016	96	Poco dura	1738	Salada
113.44	27.61028	Pozo	22	32	8	11	76	7.9	486	13.7	2.09	737.4	25.1	0.2	0.004	65	Suave	326	Dulce
113.02667	27.5925	Pozo	23	*	11	11	19	8.3	268	6.1	5.74	27.1	27.3	0.1	0.012	73	Suave	180	Dulce
113.01944	27.59778	Pozo	24	*	94	26	27	8.2	408	2.3	0.76	32.9	24.4	0.2	0.776	341	Muy dura	273	Dulce
113.39611	28.03139	Pozo	25	*	218	68	129	7.6	1279	128	2.95	499.6	30.5	0.6	0.003	822	Muy dura	857	Tolerable
113.51861	28.20944	Pozo	26	*	57	30	91	8	480	27	3.43	130.1	27	0.2	0.001	265	Dura	322	Dulce
113.33667	27.525	Pozo	27	*	100	84	83	7.8	1134	67	8.78	374.7	26.5	0.6	0.002	595	Muy dura	760	Tolerable
112.89528	27.3	Pozo	28	*	74	49	219	7.8	946	107	2.74	356.2	29.2	0.5	0.002	386	Muy dura	634	Tolerable

*PTO–Profundidad total de la obra (m). *CE-Conductividad eléctrica (µS/cm). *TSD- Total de sólidos disueltos.
*–No determinado.

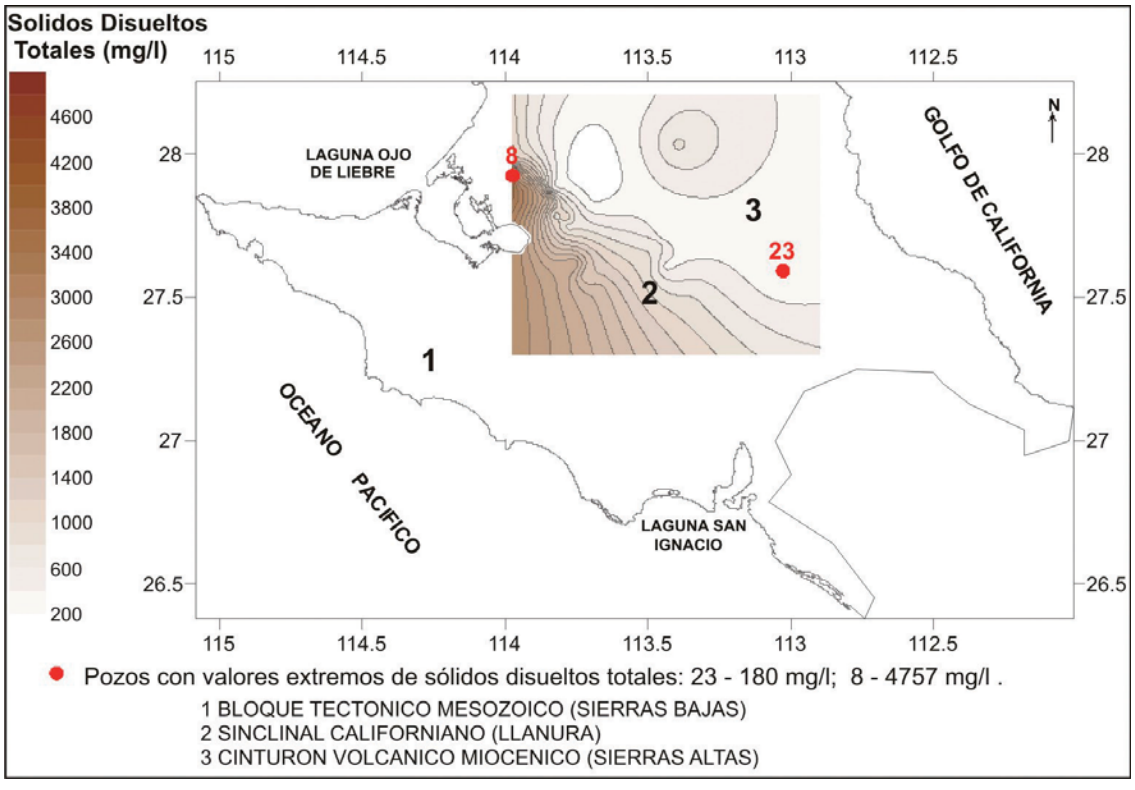


Figura 20. Interpolación de los datos de Total de sólidos Disueltos. Muestreo realizado por CIBNOR (tabla 3).

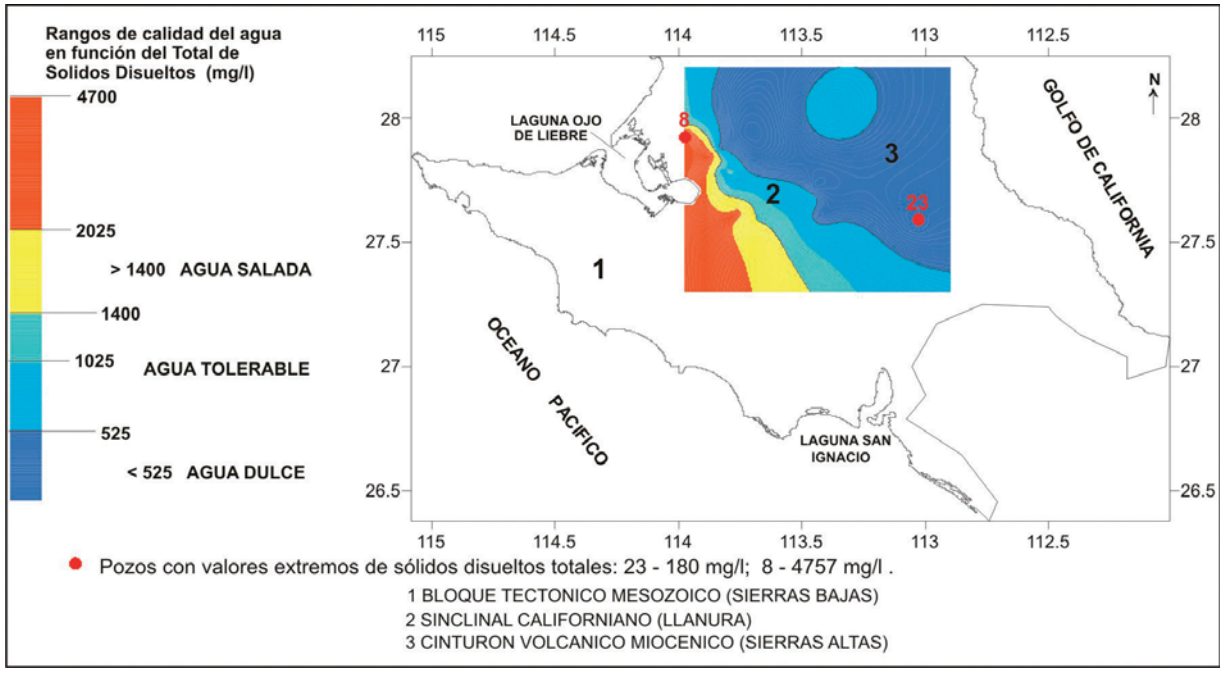


Figura 21. Interpolación de los datos de calidad de agua de los pozos muestreados por el CIBNOR (tabla 3). Los rangos de calidad de agua son de acuerdo a los de las Cartas Hidrológicas de Aguas Subterráneas de INEGI.

III. 2. Discusión y Conclusiones

Tenemos que reconocer que las condiciones climáticas de la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno hacen que la situación del recurso agua sea delicado, pero no podemos asumir que solo el incremento en su demanda éste condicionando el aumento progresivo en salinidad y deterioro de la calidad de agua.

Por lo anterior resulta conveniente enfatizar algunos aspectos referidos en el Capitulo I, como el hecho de que la región de la Reserva existen diferencias espaciales notables tanto en la temperatura como en precipitación, ya que las variaciones en el régimen de lluvia varía mucho de un año a otro así como de una a otra parte, incluso a nivel de cuenca, con años sin lluvia o precipitaciones ínfimas, mientras que en otros años la precipitación supera los promedios. Por ejemplo en la cuenca de San Ignacio (área 1106 km^2) en la que se reporta un volumen promedio anual de 121.7 millones de m^3 de agua de lluvia, volumen que es muy variable en tiempo, ya que puede ir de cero cuando hay años sin lluvia a unos 337.3 millones de metros cúbicos para años como el de 1982, con precipitaciones de 305 mm (CFE, 1991).

De esta manera para efectos prácticos en periodos amplios de tiempo es de tener en cuenta las diferencias espaciales tanto de temperatura como de precipitación, así como el efecto aleatorio de lluvias torrenciales, asociadas a ciclones los cuales presenta su mayor probabilidad de ocurrencia en los meses de agosto y septiembre, superando los promedios de precipitación anual en cuestión de horas, originando grandes escurrimientos y recarga de los acuíferos subsuperficiales.

Por otra parte la Información estratigráfica y tectónica referida en el Capitulo I, presupone que la geología estructural del Sinclinal Californiano es más compleja de lo que CNA (2002) presenta como perfil geológico del acuífero de Vizcaíno (Fig. 4, de Capitulo II), el cual resulta ser una versión muy simplificada del perfil que se muestra en la figura 11 del Capitulo I. Lo que sugiere que se desconoce el detalle de la geología estructural de las zonas geohidrológicas 302 Vizcaíno y 303 San Ignacio, y consecuentemente la situación de sus acuíferos cuya importancia radica en el hecho de que es en estos donde se concentran la mayoría de pozos y norias de la Reserva y cuyas evidencias estructurales se encuentran cubiertas por depósitos Cuaternarios. De aquí que cobra importancia destacar el detalle de la geología estructural, ejemplo de esto se presenta en el área de las Tres Vírgenes (Cinturón Volcánico Miocénico), en donde los trabajos geofísicos de Bigurra-Pimentel (1998), García-Estrada y González-López (1998), López-Hernández (1998) y Palma-Guzmán (1998), han permitido identificar un sistema fallas normales de dirección NNE-SSW y NE-SW, que no son visibles en superficie ya que se encuentran cubiertas por los depósitos volcánicos y epiclásticos más recientes, y que juegan un papel muy importante ya que junto con las fallas El Azufre, El Volcán, El Viejo y El Partido han permitido determinar que el campo geotérmico de Las Tres Vírgenes se encuentra emplazado en una cuenca tipo graben y la existencia de un acuífero regional semiconfinado entre los 600 y 700 m de profundidad, en

material volcano-sedimentario que fluye a lo largo de grabens, con agua tipo clorurada-sódica (9000 ppm de Cl^- y 4500 ppm de Na^+), la cual CFE (1991) refiere como de origen marino diluida y atrapadas en rocas hidrolisitas sedimentarias.

Según INEGI (1996), los acuíferos en la región de la Reserva en su mayoría son de tipo libre incluidos en secuencias granulares no consolidadas y en material consolidado del Terciario al Cuaternario, lo cual concuerda con CNA (2002), que refiere los acuíferos de la cuenca de El Vizcaíno formados en su mayor parte por arenas y gravillas con intercalaciones de arcilla con diferentes características de compactación en los primeros 100 m, variando hasta 250 m en la porción central del Sinclinal Californiano (llanura). A este respecto es de destacar que según Lozano (1976) y PEMEX (1976) (Fig. 11 del Capitulo 1), la cuenca del Vizcaíno hacia su porción central tiene más de 4 km de profundidad colmatada por formaciones sedimentarias del Mesozoico al Pleistoceno que atestiguan regresiones y transgresiones marinas, por lo que al igual que en el área de las Tres Vírgenes es de esperar la existencia de acuíferos profundos que no están siendo explotados. De igual forma es de destacar la información estratigráfica de las formaciones del Mioceno al Pleistoceno ya que junto con los depósitos Cuaternarios son los que integran los acuíferos que se encuentran en operación y cuyas secuencias presentan cambios de facies, de medio ambiente continental, lagunar y marino, con estructuras lenticulares de conglomerados y evaporítas (Heim 1922; Wilson, 1948; Mina, 1957; Mooser y Reyes, 1961; Ortlieb y Malpica, 1978; Ortlieb, 1979; Demant, 1981; Ortlieb, 1981; Hausback, 1984; Ortlieb y Colletta, 1984; Gastil et al., 1979).

Esta información evidencia que la zonas geohidrológica 302 Vizcaíno, así como el resto que CNA (2007) designa para la región de la Reserva (Fig. 3 del Capitulo II), se encuentran compuestas por un sistema de acuíferos cuyo control hidrológico está condicionado por la geología estructural y cambios de facies sedimentarias, cuyo flujo de agua a través de estos tiende a modificar sus características químicas y por consiguiente su calidad, lo que permite explicar la diferencia en profundidades, nivel estático y calidad de agua de obras hidráulicas relativamente cercanas. De esta manera, el proceso de deterioro de la calidad de agua por efecto de sobreexplotación de los acuíferos pierde significado, puesto que también puede explicarse por cambio de facies laterales entre diferentes ambientes de depósito, como los residuales, aluvión y coluvión asociados a las bajadas de las sierras altas (La Giganta), con pozos y norias de agua dulce; depósitos aluviales, eólico y lacustre con pozos y norias de agua tolerable y costeros en los que se encuentran amplias marismas con pozos y norias de agua saladaLo anterior se sustenta en la información de los análisis químicos de INEGI (1983a) y CIBNOR (2003), cuya tendencia espacial de calidad de agua se diferencia en tres zonas (Fig. 19 y 21), las cuales se encuentran asociadas a la litología que integran las franjas tectónicas de la región de la Reserva (Fig. 10 del Capitulo I), con tendencia a concentrar pozos, norias y manantiales con calidad de agua dulce en el Cinturón Volcánico miocénico que comprende la porción oriental de la Reserva, compuesta por la unidad geomorfológica de sierras altas (La Giganta); agua de tolerable a salada en el Sinclinal Californiano que corresponde la porción

central integrada por la unidad geomorfológica de llanura (Desierto de EL Vizcaíno) y agua salada en la porción occidental que corresponde al Bloque tectónico mesozoico integrado por la geomorfología de Sierras Bajas (Santa Clara y San José de Castro) y lagunas costeras

Esta tendencia queda reforzada con los valores extremos de sólidos disueltos totales que corresponden a los manantiales 121 y 123 con 293 y 6243 mg/l respectivamente (tabla 2, Fig. 19). El primero se ubica en el Cinturón Volcánico Miocénico en donde de acuerdo a la figura 10 del Capitulo I y 19, se concentran la mayoría de los pozos, norias y manantiales de agua dulce, mientras que el manantial 123 se ubica en el extremos opuesto que corresponde al Bloque Tectónico Mesozoico en donde la mayoría de pozos, norias y manantiales presentan elevadas concentraciones de sólidos disueltos totales, y los cuales INEGI (1996), reporta ubicados en acuíferos de tipo libre en areniscas-conglomerados de la Formación Valle (Cretácico Superior) y en limolita-arenisca de la Formación Almejas (Plioceno), ambas de origen marino, cuya calidad de agua se reporta como salada. De esto es de destacar que dichas obras hidraulicas se encuentran a elevaciones topograficas mayores a aquellos de agua tolerable y dulce en la llanura del Vizcaíno.

Por lo tanto y aun con las condiciones de aridez que caracteriza la región no podemos asumir que la sobreexplotación de los acuíferos por si sola este condicionando la mala calidad de agua en la mayor parte de la Reserva, puesto que como ya se a mencionado el régimen de lluvia varía mucho de un año a otro con años sin lluvia o precipitaciones ínfimas, mientras que en otros años la precipitación supera los promedios propiciando la recarga de los acuíferos. Esta aseveración se respalda con la distribución espacial del análisis químico de muestras de agua de INEGI (1983a) y CIBNOR (2003) en los que existen más de veinte años de diferencia y sin embargo sus tendencias espaciales de calidad de agua en tres franjas es muy similar (Fig. 19 y 21).

De acuerdo a la información presentada se concluye que las zonas geohidrológicas de explotación de agua subterránea referidas por CNA (SIGA, 2007), en la región de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno se encuentran compuestas por diferentes sistemas de acuíferos, cuyas dimensiones y control hidrológico están condicionados por la geomorfología, geología estructural y estratigrafía en donde la calidad de agua subterránea, se encuentra en dependencia directa con la naturaleza de las formaciones geológicas que atraviesa, composición litológica de los acuíferos que la contiene y por su flujo a través de éstos (cambios de facies), así como con la solubilidad de los minerales que las integran, tiempo de contacto, temperatura y presión a la que el agua subterránea se encuentre sometida.

De igual manera tampoco podemos ignorar que la mayor parte del agua que se extrae de los acuíferos del Vizcaíno se destina para uso agrícola, y cuyo retorno de agua de riego al subsuelo contiene fertilizantes y plaguicidas lo cual no solo se reflejara en la alteración de la calidad del agua sino que además se presenta como un proceso de contaminación que agrava la disponibilidad de agua de buena calidad.

Capítulo IV

Organismo Regulador del Recurso Agua en la Reserva de la Biósfera del Vizcaino, B.C.S. México

Luis Felipe Beltrán Morales[1], Magdalena Lagunas Vázquez[2],
José Antonio Beltrán Morales[2] ,Tania Flores Azcárrega[1], Martín Martínez Salvador[3]

IV.1 Base legal del manejo del recurso agua

El marco jurídico que regula al recurso agua, no puede describirse solamente desde una perspectiva parcial, es decir no podemos referirnos a este marco jurídico solamente al interior de nuestro estado, Baja California Sur, sino por el contrario debemos primero tomar en cuenta las leyes que norman al recurso a nivel nacional, para posteriormente pasar al ámbito estatal y local.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es la carta magna que rige la legislación mexicana y de la misma se desprenden todos las demás leyes, reglamentos, disposiciones jurídicas, etc. a nivel nacional y al interior de los diferentes estados y por supuesto al interior de cada municipio perteneciente a la federación. En materia de agua nuestra carta magna, hace referencia a este recurso en los términos del artículo 27 constitucional, en él se establece a la nación mexicana como la propietaria originaria de las aguas, pero también hace referencia al aprovechamiento de estas aguas por particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, es decir se puede hacer uso de estas aguas mediante una concesión otorgada por el Ejecutivo Federal, aunque estas sean en origen propiedad de la nación. En este mismo artículo se señalan las reglas y condiciones bajo las cuales se puede hacer uso y aprovechamiento de estas aguas.

Del artículo 27, emana la ley, que regula el uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, La Ley de Aguas Nacionales (LAN), que en materia de aguas es el máximo ordenamiento jurídico de la nación, después de la Constitución. Esta ley regula, como lo menciona en su artículo primero, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, así como su distribución y control, esto con la finalidad de lograr la preservación en cantidad y calidad

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.
[2]Departamento de CP y AP de la Universidad Autonoma de Baja California Sur.
[3]Investigador del Sitio Experimental La Campana-Madera, CIRNOC-INIFAP.

del recurso. Esta ley fue publicada en el Diario Oficial de la federación el 1º de diciembre de 1992, fecha con la que empieza a operar y se deroga la anterior ley en materia de agua, La Ley Federal de Aguas.

Otro ordenamiento jurídico importante a nivel nacional, que tiene relación con el recurso agua, es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), esta ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Cabe aclarar que esta ley ha sufrido algunas reformas hasta fechas recientes. La LGEEPA, en su título tercero, dedica su capítulo primero al Aprovechamiento Sustentable del Agua y a los Ecosistemas Acuáticos, y en el capítulo tercero se refiere a la Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos. En estos dos capítulos de manera específica se hace referencia al recurso agua.

A nivel estatal, en Baja California Sur, el máximo ordenamiento jurídico en materia de aguas, es la Ley de Aguas del Estado de Baja California Sur, esta ley fue aprobada por el Congreso del Estado el 14 de junio del 2001, bajo el decreto No. 1321. Con su entrada en vigor, es derogada de manera automática la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado. La Ley de Aguas del Estado se convierte en la rectora de las políticas hidráulicas, en su artículo primero se establece la concurrencia de las autoridades estatales y municipales "en la realización de acciones relacionadas con la explotación, desalación, uso y aprovechamiento del recurso agua, así como los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento" (Ley de Aguas de B.C.S.). La Ley de Aguas, entre otros aspectos, también tiene por objeto regular a los organismos de gobierno que se encargan del manejo y distribución del recurso al interior del estado, según lo estipula en su artículo segundo se encarga específicamente de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento y de la Comisión Estatal del Agua, estos órganos de gobierno son los más importantes en el estado en lo concerniente a los servicios de agua potable y alcantarillado e infraestructura hidráulica. La Ley de Aguas del Estado se encuentra conformada por 159 artículos, en los cuales se regulan todos los aspectos que tienen relación con el recurso agua, como lo son sus diferentes tipos de uso y la administración de las organismos encargados de su operación.

Otra ley importante en el ámbito estatal que hace referencia al agua, es la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur. Esta ley es aprobada por el Congreso del Estado el 19 de noviembre de 1991 bajo el decreto No. 829. Esta ley en su título quinto, dedica su artículo tercero a la Prevención y Control de la Contaminación del Agua. En diferentes artículos de la misma se hace referencia al recurso agua, pero la parte más rica dedicada al recurso se encuentra en este artículo. Un ordenamiento jurídico importante, que tiene relación con el recurso agua en el ámbito local para el estado, específicamente para el municipio de Mulegé, es la Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé, B.C.S. Esta ley en el título tercero, en el capítulo V, que lleva por nombre Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado, Tratamiento, Saneamiento y Disposición de Aguas Residuales, se establecen cual será el monto de las tarifas que se deberán pagar al Municipio

por la prestación del servicio de Agua Potable, el servicio de Alcantarillado, Tratamiento y Saneamiento del recurso, así como los derechos de conexión de la infraestructura hidráulica del Sistema de Agua Potable.

Otra de las disposiciones jurídicas importantes en materia de aguas, son las normas oficiales mexicanas, estas son, según lo estipula la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40 de la misma ley. La relación que guardan estas normas oficiales con el recurso agua, tiene que ver con dos aspectos. El primero de ellos, se refiere al control y prevención de la contaminación de las aguas, y el segundo a los requisitos sanitarios que debe cumplir el agua para el consumo humano. En materia de prevención y control de contaminación de las aguas son dos las dependencias competentes que tienen la atribución de expedir estas normas, una es la Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, estas normas aparecen bajo la nomenclatura "ECOL", y la otra es la Comisión Nacional del Agua, cuyas normas aparecen bajo la nomenclatura CNA. (Tabla1).

En cuanto a los requisitos sanitarios que debe cumplir el agua para el consumo humano, le corresponde a la Secretaría de Salud expedir las normas correspondientes, estas normas aparecen bajo la nomenclatura SSA y son publicadas en el Diario Oficial de la Federación. En la tabla siguiente se describen las Normas Oficiales que ha expedido esta secretaria hasta la fecha.

Tabla 1. Normas oficiales mexicanas relacionadas con el recurso agua

NORMA OFICIAL MEXICANA Nomenclatura	Nombre
NOM-012-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.
NOM 013-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo humano.
NOM 014-SSA1-1993	Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.

NOM-117-SSA1-1994	Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM-127-SSA1-1994	Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-limites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-179-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.
NOM-180-SSA1-1998	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios.
NOM-181-SSA1-1998	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo doméstico.
NOM-201-SSA1-2002	Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
NOM-127-SSA1-1994	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

En el esquema siguiente podemos observar de manera general, cuales son algunas de las leyes, de las que hemos presentado una breve descripción y que tienen relación directa e indirectamente con el recurso agua en el estado de Baja California Sur. No son todas, ya que nuestro análisis presenta limitaciones, pero si son aquellas las que desde nuestro punto de vista son las más importantes.

Tabla 2. Disposiciones jurídicas que se relacionan con el recurso agua, en el estado de BCS.

Ámbito de Gobierno	Disposición Jurídica
FEDERAL	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
FEDERAL	Ley de Aguas Nacionales
FEDERAL	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

ESTATAL	Ley de Aguas del Estado de Baja California Sur
ESTATAL	Ley del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur
MUNICIPAL	Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé, Baja California Sur
FEDERAL, ESTATAL, MUNICIPAL	Normas Oficiales Mexicanas

IV.2 Organismos que intervienen en el manejo del recurso

Al hablar del recurso agua en el estado no se puede dejar de citar a las diferentes dependencias de gobierno que intervienen en su administración y operación. Estableciendo una separación de las diferentes áreas de gobierno podemos hablar de estas dependencias desde sus tres áreas de jurisdicción, el federal, estatal y el municipal. Desde esta perspectiva tenemos que el organismo que a nivel federal interviene directamente en el manejo del recurso en el estado, con más peso que otras dependencias federales, es la Comisión Nacional del Agua de B.C.S., una dependencia federal de la Comisión Nacional del Agua (CNA). En el ámbito estatal el órgano encargado directamente de la administración del recurso es la Comisión Estatal del Agua, un organismo público descentralizado del gobierno del estado.

En el nivel municipal de manera general podemos citar a todos los organismos operadores que suministran el recurso en cada ayuntamiento perteneciente al estado, pero dado que nuestra área de estudio se circunscribe a las localidades ubicadas dentro de la Reserva El Vizcaíno, municipio de Mulegé, hablaremos específicamente del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé mejor conocido por su siglas como SAPA, organismo operador que se encarga del suministro y disposición del agua potable y alcantarillado para el Municipio de Mulegé. En los siguientes apartados describiremos cada una de estas dependencias de gobierno, cuáles son sus funciones, sus áreas de jurisdicción, su estructura administrativa, etc.

IV.3 Comisión Nacional del Agua (CNA)

La Comisión Nacional del Agua es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en ella se concentra la política hidráulica del país ya que es el órgano administrativo encargado de ejercer las atribuciones que conforme a la Ley de Aguas Nacionales corresponden a la autoridad en materia hidráulica, dentro del ámbito de la competencia federal, es decir la Comisión Nacional del Agua es la máxima autoridad administrativa a nivel federal en lo que a Aguas Nacionales se refiere.

Dentro de las atribuciones más importantes, que conforme a la Ley de Aguas le corresponde a esta comisión, se encuentran las siguientes: la formulación del Plan Nacional Hidráulico, fomentar y apoyar el desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado, administrar y custodiar las aguas nacionales, así como preservar y controlar la calidad de las mismas, promover el uso eficiente del agua y su conservación, impulsar una cultura del agua, vigilar el cumplimiento y aplicación de la Ley de Aguas, expedir los títulos de concesión, asignación o permiso del recurso. Esta última atribución es de enorme importancia para la comisión, ya que solamente a través de ella se puede otorgar la concesión, asignación o permiso para poder hacer uso de las aguas nacionales.

Lo anterior se encuentra regulado por la Ley de Aguas Nacionales, en el capítulo II, artículo 20, la cual establece que: "La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales por parte de personas físicas o morales se realizará mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal a través de "La Comisión", de acuerdo con las reglas y condiciones que establece esta ley y su reglamento. La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, estatal o municipal, se podrá realizar mediante asignación otorgada por "La Comisión". La asignación de agua a que se refiere el párrafo anterior se regirá por las mismas disposiciones que se aplican a las concesiones, y el asignatario se considerará concesionario para efectos de la presente ley". En el estado se encuentra la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua de Baja California Sur, que opera como el organismo representante en la entidad de la ya citada Comisión Nacional del Agua.

Un aspecto muy importante que se relaciona con el recurso y la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del Agua en el estado, es precisamente el que tiene relación con la concesión que se otorga por parte de esta comisión, ya que dadas las características tan peculiares de la región como lo son la escasa precipitación pluvial y la inexistencia de corrientes superficiales perennes como lagos y ríos, este instrumento de concesión adquiere una vital importancia, ya que solamente a través de él se puede hacer uso del recurso para su explotación de manera subterránea a través de los diferentes acuíferos de la región.

Para efectos de nuestro análisis que se circunscribe solamente al Municipio de Mulegé, el instrumento que regula el aprovechamiento del recurso es la asignación, según se establece en los términos del artículo 20 de la Ley de Aguas, al no ser una concesión, si no específicamente una asignación, ya que el aprovechamiento es realizado por un organismo descentralizado de la administración pública municipal perteneciente al mencionado Municipio, el cual lleva por nombre Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé. En este apartado de la investigación se presentara la situación actual que guarda esta asignación otorgada al organismo operador del Municipio, cómo opera, desde cuándo, en qué términos de volumen de asignación, si los pagos correspondientes por estos volúmenes de asignación han sido cubiertos, etc. Pero antes se explicará cual es el procedimiento que sigue la comisión en

el estado para otorgar un permiso o asignación para el caso de agua subterránea, que nos permite ilustrar precisamente el caso del Municipio de Mulegé.

El usuario se presenta por primera vez con todos los requisitos necesarios para la solicitud, y debe de llenar los formatos correspondientes. Comisión Nacional del Agua a través de su Ventanilla única de atención al usuario recibe la solicitud en este caso de asignación, e integra el expediente conforme a lo que establece la Guía de Integración de Expediente (GIE); revisa que el expediente esté completo según esta guía de integración y en caso de no estar completo, realiza las aclaraciones correspondientes ante el usuario y en caso de ser necesario obtiene declaratoria de documentos faltantes.

Posteriormente la Ventanilla única turna el expediente integrado al área de Dictaminación (Subgerencia de Administración del Agua) para revisar el contenido de los documentos y determina si existe la necesidad de obtener mayor información, en caso de que ésta se requiera, el Gerente Estatal firma una notificación sobre el expediente incompleto. Si no se requiere mayor información, el área de Dictaminación consulta los archivos de Administración del Agua, del Registro Público de Derechos de Agua así como de los Distritos de Riego y Unidades de Riego; toda esta consulta se realiza con el objetivo de obtener conocimiento de la zona en la cual se van a otorgar los derechos.

El área de Administración turna el expediente tanto a la Unidad de Asuntos Jurídicos como a la Residencia Técnica, ésta se encarga de revisar el criterio de manejo del acuífero, sí los documentos entregados carecen de información, y a su vez realiza una visita de inspección. Las visitas de inspección se llevan a cabo por el jefe del departamento del asunto que se está tratando, es decir, en este caso se llevan a cabo por el jefe del departamento de Aguas Subterráneas; esta visita se realiza con la finalidad de identificar la zona de disponibilidad y revisar la dotación de la norma. Una vez concluidas estas visitas, se elabora un dictamen con la opinión técnica y se integra al expediente; si dicho dictamen es positivo se turna nuevamente al área de Dictaminación para preparar la documentación necesaria y poder enviarla a un Comité Interno de Administración del Agua (CIAA), si este dictamen resulta negativo se formula una negativa fundamentada y se inicia el procedimiento de clausura, autorizado y firmado por el Gerente de la Comisión. Emitido el dictamen favorable y una vez recibida por el comité interno la documentación necesaria, esta se revisa y se analiza el impacto sobre otras fuentes, una vez hecho esto, se emiten las respectivas recomendaciones y son enviadas a la Subgerencia de Administración del Agua.

Emitidas y tomadas en cuenta las recomendaciones por parte de la Subgerencia, se incorporan a la Ventanilla única para que ésta a su vez le informe al usuario la resolución (esta resolución se debe llevar a cabo en los términos de los 20 días que marca la Ley de Aguas Nacionales y sus reglamentos). Posteriormente el área de Titulación emite un dictamen preeliminar y se envía el expediente a la Gerencia Regional en Mexicali.

La Subgerencia Regional de Administración del Agua recibe el expediente integrado, así como la opinión técnica correspondiente de la Gerencia Estatal para hacer su dictamen; si

el dictamen regional es favorable se prepara la documentación y se envía al Comité Regional de Administración del Agua para su opinión. Si el dictamen resulta desfavorable se elabora una negativa bien fundamentada que es firmada por el Gerente Regional, posteriormente se inicia al procedimiento de clausura del expediente y la Gerencia Estatal recibe la negativa para informarle al usuario a través de la Ventanilla única. Recibida la documentación por el Comité Regional, una vez que el dictamen es favorable, se analiza el impacto sobre otras fuentes y emite sus recomendaciones para que estas sean tomadas en cuenta por la Subgerencia Regional de Administración del Agua, y así de esta manera se elabore el dictamen regional. Si este dictamen regional resulta positivo se turna el expediente a la Subdirección General de Administración del Agua que se encuentra en México D.F.

La Subdirección recibe la solicitud, el expediente completo y los dictámenes de las Gerencias Regional y Estatal, enseguida se revisa la documentación técnica, administrativa y legal de forma integral, para posteriormente emitir un dictamen, si este dictamen no es favorable se elabora una negativa firmada por el Subdirector y después se informa a la Gerencia Regional y Estatal para iniciar el procedimiento de clausura que ya hemos descrito con anterioridad.

Si el dictamen es favorable, éste es emitido con carácter de definitivo. Después de que se emitió esta resolución se elabora y firma el título de asignación del recurso. Hecho esto se comunica a la Gerencia Regional y Estatal la resolución, así como también el pago de los derechos correspondientes. Entrando casi a la parte final de este proceso, la Gerencia Estatal recibe la documentación y le comunica al usuario por medio de Ventanilla única la resolución, posteriormente se entrega el título firmado por parte de la Gerencia Estatal al Registro Público de los Derechos del Agua, quien recibe el Título Único de Concesión Múltiple, el cual debe de ir firmado. Posterior a esto se recaba la firma del usuario y se realiza el registro del título, luego se hace la entrega de éste título al usuario y se le entrega una copia a la Gerencia Estatal quien a su vez incorpora la copia del título al expediente. Finalmente el Registro Público de los Derechos del Agua informa a la Subgerencia de los planes y fines de los títulos registrados y entregados para la aplicación de los derechos.

Todo este proceso que se ha descrito, es el procedimiento y mecánica que sigue la Comisión Nacional del Agua en Baja California Sur para poder otorgar permisos o asignaciones para el caso de aguas subterráneas. Para el Municipio de Mulegé se trata de una asignación como ya lo explicamos. Acerca de este proceso de otorgamiento de concesiones o asignaciones, hay que destacar que éste se debe de efectuar de igual manera en todos los estados, pero en la mayoría de estos el proceso de aplica de manera diferente.

IV.4 Comisión Estatal del Agua

La Comisión Estatal del Agua de Baja California Sur, surge derivado del proceso de descentralización que la Comisión Nacional del Agua emprendió a finales del año de 1995, esto siguiendo la estrategia del gobierno federal de impulsar el nuevo federalismo y conforme

lo marcaban las directrices que se encontraban en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. Esta Comisión es el resultado de la reorganización del organismo llamado Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, el cual concentraba los servicios de agua potable y alcantarillado en el estado. Esta comisión tenía a su cargo solamente los aspectos operativos y de asesoría en el manejo del agua potable alcantarillado y saneamiento en el estado, dejando a un lado los aspectos de planeación y ejecución de programas hidráulicos estatales, los cuales se encontraban a cargo de la Secretaría de Promoción y Desarrollo Económico en conjunto con la Secretaría de Planeación Urbana, Infraestructura y Ecología. Cabe aclarar que solamente se encargaba de un tipo de uso del agua, de la que era potable, es decir para consumo humano y lo que se refería al alcantarillado.

Con la nueva Comisión Estatal del agua, lo que se busca es fortalecer la infraestructura hidráulica del estado y concentrar en un solo organismo una visión global de la planeación y la normatividad de la actividad hidráulica estatal, un organismo que coordine en materia hidráulica las tres instancias de gobierno federal, estatal y municipal, así como todos los usos del agua en el estado y no solamente el de agua potable y alcantarillado.

Jurídicamente la comisión nace con el decreto de la Ley de Aguas del Estado de Baja California Sur, que fue aprobada en la sala de sesiones del poder legislativo el 14 de junio del 2001. Ley que en su título segundo, artículo sexto marca la creación de la Comisión Estatal del Agua.

Artículo 6. – Se crea la Comisión Estatal del Agua de Baja California Sur, como un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con funciones de autoridad administrativa, mediante el ejercicio de las atribuciones que le confiere la presente Ley, la cual tendrá su domicilio en la capital del Estado.

En el artículo séptimo de esta ley, se enmarcan todas las atribuciones y responsabilidades que tendrá a su cargo este nuevo organismo público descentralizado, y de los artículos 9º al 13º se presenta la estructura administrativa que la regirá en su interior. Este nuevo organismo, se crea con un carácter funcional normativo, de asesoría y de apoyo, ya no se encargará solamente de los aspectos operativos como lo hacía su antecesora, ahora en sus funciones incluirá los aspectos de planeación lo cual le proporcionara los elementos necesarios para poder tener una visión global de las necesidades y la problemática del recurso agua en nuestro estado.

La Comisión Estatal del Agua, no solo es el resultado de la ya mencionada reorganización de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, sino que además, tiene sus antecedentes en diversas dependencias y organismos tanto federales como estatales, a continuación mencionaremos los principales organismos de los cuales surge esta comisión.

Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado.- Organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, de naturaleza mixta: estatal y municipal, cuyo objeto es el de administrar, operar, mantener y conservar los servicios de agua potable y

alcantarillado.

Secretaría de Salud.- Dependencia gubernamental estatal, que tiene el cargo de ejercer las facultades de autoridad sanitaria que el correspondan al agua potable, de conformidad a la ley general de salud, la ley de salud del estado, y a los convenios y acuerdos que al efecto celebren con el gobierno federal y los ayuntamientos.

Secretaría de Planeación Urbana e Infraestructura.- Dependencia gubernamental estatal, que tiene por objeto apoyar a los ayuntamientos del estado, cuando lo soliciten, para planear, construir, rehabilitar, operar, conservar y mejorar los sistemas de agua potable, agua desalada, alcantarillado, tratamiento y rehúso de aguas residuales.

Secretaría de Promoción y Desarrollo Económico.- Dependencia gubernamental estatal, que dentro de sus funciones tiene la coordinación del comité de planeación para el desarrollo del estado, el cual apoya y participa en la elaboración de los estudios y formulación de los diversos proyectos y programas en materia hidráulica, de conformidad al plan estatal de desarrollo.

Secretaría de Educación.- Dependencia gubernamental estatal, que tiene el cargo de coadyuvar con los organismos que desarrollen actividades en materia educativa, la promoción, establecimiento y difusión de una cultura del agua y hábitos de preservación del recurso, en la población.

Del esfuerzo de integración y concentración de los programas y recursos de todas estas dependencias, que son de carácter federal y estatal, es como se forma la Comisión Estatal del Agua de Baja California Sur, aunque como ya lo mencionamos, esta comisión es resultado principalmente del esfuerzo de reorganización de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado.

En lo que se refiere a la estructura administrativa interna de la Comisión Estatal del Agua, esta se encuentra normada bajo dos documentos principales, aparte de la Ley de Aguas Nacionales que es el principal documento jurídico-administrativo rector de la comisión, uno de ellos es el Reglamento Interior y el otro el Manual Integral de Organización, cada uno de ellos cumple sus funciones especificas al interior de la estructura orgánica de la institución, a continuación describiremos brevemente cada uno de estos.

IV.4.1 Reglamento Interior

El reglamento interior define las atribuciones de cada una de las áreas que forman parte de la Comisión Estatal del Agua, ese es su principal fin, limitar las funciones y la competencia de cada uno de los órganos y unidades administrativas que integran a la comisión. Para esto, el reglamento se encuentra articulado por IX capítulos y 43 artículos, en su parte final también por cinco artículos transitorios.

En el capítulo I, se definen cuales son los órganos y unidades administrativas con las que contará la Comisión, específicamente en su artículo segundo.

ARTÍCULO 2º.- Para el cumplimiento de su objeto el organismo rector del recurso

agua, contará con los siguientes órganos y unidades administrativas:

I. Órgano Máximo De Gobierno:
A. Junta de Gobierno. El cual tendrá bajo su responsabilidad el establecimiento de directrices y mecanismos de examinación, aprobación y seguimiento, para el óptimo funcionamiento de las actividades hidráulicas que le competen.

II. Colegio Colegiado.
A. Consejo Consultivo.

III. Unidades Administrativas.
A. Dirección General.
B. Subdirección.
C. Planeación y Normatividad.
D. Área Técnica.
E. Área Administrativa.
F. Unidad de Asuntos Jurídicos y Control de Gestión.
G. Unidad de Informática.
H. Unidad de Comunicación Social

El órgano máximo de gobierno de la Comisión Estatal del Agua, es la junta de gobierno, en el segundo capítulo del reglamento se definen cuales son las atribuciones de esta junta, así como los miembros que la integran, estos últimos se encuentran estipulados por el artículo 5º.

ARTÍCULO 5º.- La Junta de Gobierno como órgano de gobierno de la Comisión Estatal del Agua de Baja California Sur, estará integrado por los siguientes miembros:

I. El gobernador del estado que lo presidirá;
II. los titulares de las dependencias de la administración pública estatal competentes en materia de planeación, finanzas, infraestructura urbana, desarrollo rural, ecología, desarrollo económico y salud.
III. Un representante de los usuarios, por cada uso del agua;
IV. Un representante de los organismos operadores municipales o intermunicipales, y
V. El presidente del consejo consultivo de la comisión.

En el capítulo tercero del reglamento se especifican las atribuciones del Consejo Consultivo, el cual funciona como un organismo de apoyo y auxilio para las funciones de la Comisión Estatal del Agua. Dentro de este capítulo en el artículo 17º se presentan a los integrantes del consejo.

ARTÍCULO 17º.- El Consejo Consultivo se integrará a nivel estatal con un

representante de cada una de los siguientes sectores social y privado, usuarios de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, hidroagrícola y demás usos de la entidad federativas.

I. Un representante de las asociaciones de uso agrícola del agua.
II. Un representante de las asociaciones de uso pecuario del agua.
III. Un representante de las asociaciones de uso industrial del agua.
IV. Un representante de las asociaciones de uso comercial del agua; y
V. Un representante de las asociaciones de uso domésticos del agua.

En este capítulo también se describen las obligaciones de los miembros del consejo, así como el orden de las sesiones del mismo.

En el capítulo cuarto, en el artículo 26º aparece la Figura del Director General de la comisión, quien funciona como la máxima autoridad jerárquica-administrativa al interior de la institución y a la vez tiene bajo su mando la representación, trámite y resolución de todos los asuntos que competan a la comisión. En el artículo 27º se encuentran especificadas todas y cada una de las atribuciones de este Director General.

En el capítulo quinto del reglamento aparece la Figura de un subdirector, específicamente en el artículo 28º, este tiene la función de auxiliar y apoyar al director en el trámite, resolución y seguimiento de los asuntos que lleve el mismo, las atribuciones especificas que tendrá este subdirector se encuentran reguladas por el artículo 29.

El capítulo 6º, hace referencia a la responsabilidad de los titulares de las diferentes unidades administrativas, estos titulares tendrán a su cargo la conducción técnica y administrativa de cada una de estas unidades, y así mismo serán responsables ante el director y subdirector de su correcto funcionamiento. Este capítulo también hace referencia a las atribuciones generales que tendrá el personal asignado a cada titular de las distintas unidades

Uno de los capítulos más importantes del reglamento interior, es el capítulo 7º, ya que en este, se especifican cuales serán los asuntos que deberá atender cada una de las diferentes áreas de la comisión, esto con el fin de limitar los ámbitos de competencia de cada área y así evitar posibles conflictos. A continuación mencionare el artículo y a qué área se refiere este: artículo 31 el área de planeación y normatividad, artículo 32 el área técnica, artículo 33 el área administrativa, artículo 34 la unidad de asuntos jurídicos y control de gestión, artículo 35 la unidad de informática, y por último el artículo 36, que se refiere a los asuntos competentes a la unidad de comunicación social.

El penúltimo capítulo del reglamento, que es el capítulo 8º, habla acerca de la desconcentración administrativa de la comisión, en los artículos del 37 al 40, se explican cómo funcionan los órganos desconcentrados así como sus facultades, su estructura orgánico-funcional, el titular que deberá estar al frente de estos órganos y sus atribuciones.

El capítulo 9º que es el último del reglamento, hace referencia a la suplencia de los

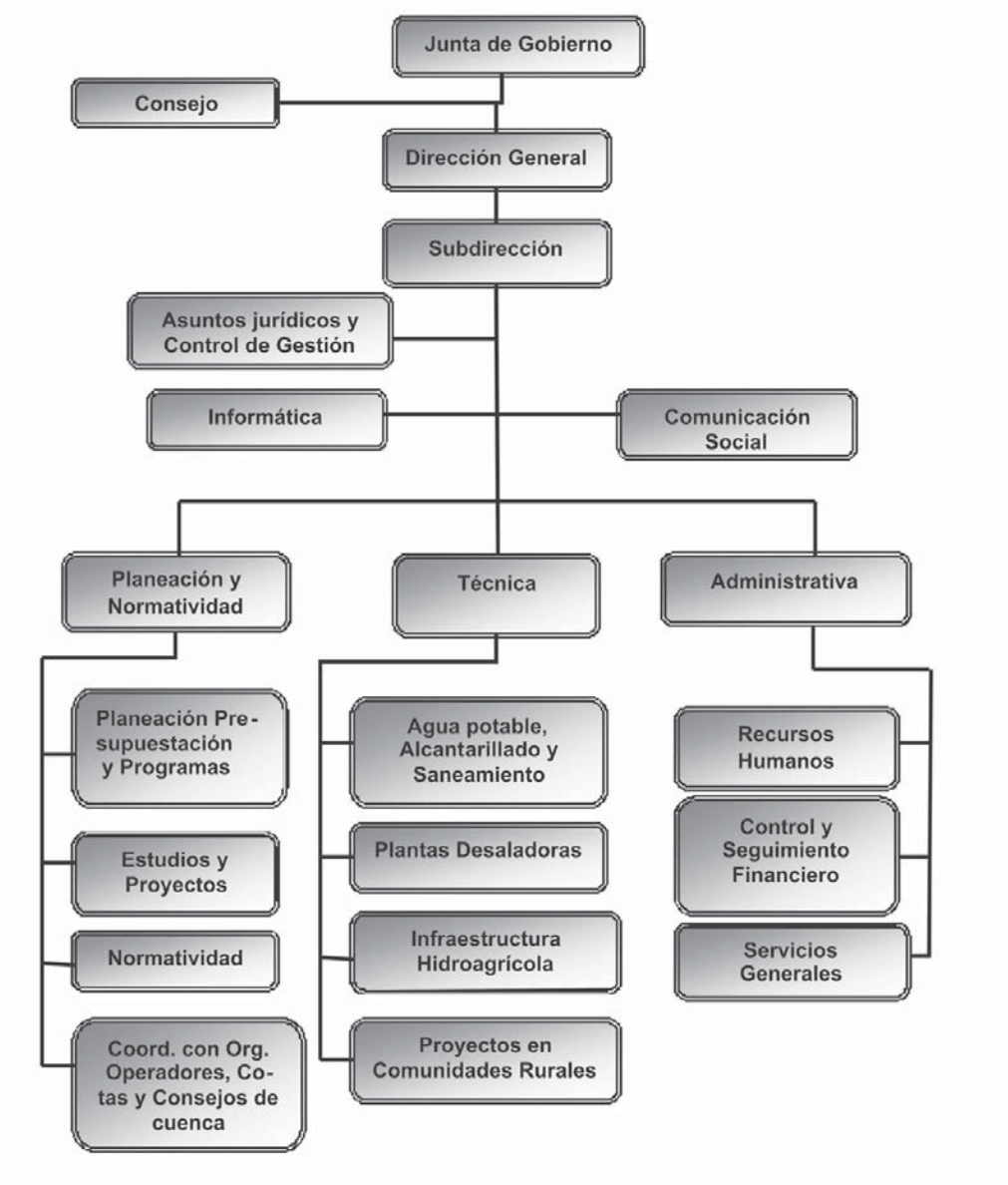


Figura 1. Organigrama de la comisón estatal del agua

servidores públicos de la Comisión Estatal del Agua, quien estaría al frente en caso de la ausencia primero del director general y el subdirector, luego de los servidores públicos del segundo nivel y finalmente de los titulares de los órganos desconcentrados. Esto se encuentra estipulado en los artículos 41, 42 y 43 respectivamente.

IV.4.2 Atribuciones

En el apartado IV del Manual de Organización se encuentran especificadas las atribuciones que le competen a la comisión, éstas están enmarcadas por 27 puntos específicos. Todas estas atribuciones tienen como fin el generar un amplio grado de participación de la institución en

todo lo referente a la materia hidráulica en el estado, ya sea con la planeación, programación, operación, supervisión y administración en materia de asesoría y apoyo hacia aquellas instituciones que presten los servicios públicos hidráulicos en la entidad, esto por un lado y por el otro, se busca la conservación y mantenimiento del recurso agua, en sus diferentes tipos de uso.

IV.5 Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Mulegé (SAPA)

Como lo mencionamos el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé mejor conocido como SAPA, es el encargado de proporcionar el servicio de Agua Potable y Alcantarillado a los habitantes del Municipio y por lo tanto de la Reserva. La Ley de Aguas del estado, en su artículo 3º fracción XXIV define al sistema de agua potable y alcantarillado como el:

Conjunto de planes, obras, y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de suministro de agua potable y alcantarillado, considerando su saneamiento que abarca la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales. Incluye el rehúso de las aguas residuales con tratamiento secundario.

Las obligaciones que tiene a su cargo este organismo operador municipal, están estipuladas en el artículo 27 de esta ley, y mas específicamente sus atribuciones las encontramos reguladas en artículo 19 de la misma, con excepción de las fracciones X, XVIII y XIX, excepciones que establece el artículo 27. Dentro de todas las facultades y atribuciones que tiene el sistema operador podemos resumir de manera general las siguientes:

1) Atender la operación, administración y conservación de las instalaciones de obras que integran el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, sanitario y pluvial de centros de población comprendidos dentro del municipio de Mulegé.
2) Planear y construir las obras de captación, plantas potabilizadoras, redes de distribución, plantas de tratamientos de aguas residuales, así como realizar las obras conexas que sean necesarias para la prestación del servicio.
3) Supervisar y autorizar los estudios, planos y proyectos, así como la ejecución de los mismos, que elaboren las empresas fraccionadoras de cualquier tipo y constructoras de conjuntos habitacionales, en lo relacionado a la construcción de redes de agua potable y alcantarillado mediante el pago de derechos que determine el Consejo Consultivo.
4) Coordinarse con el H. Ayuntamiento de Mulegé en los trámites de carácter municipal que se establecen en la Ley de Fraccionamientos de Terrenos en vigor, con relación a los servicios de agua potable y alcantarillado.
5) Observar las medidas necesarias para prevenir y controlar la contaminación.
6) En general, realizar todas las actividades encaminadas directa e indirectamente al cumplimiento de los fines antes indicados.

Con el fin de realizar un análisis mas amplio de la organización del servicio de agua potable en el municipio y la Reserva, estudiaremos al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado desde tres diferentes perspectivas, en primer lugar analizaremos la forma jurídico-institucional del organismo operador, como ha sido su evolución histórica, en segundo término estudiaremos su estructura interna, cuales son sus documentos jurídicos-administrativos internos y cuáles son sus órganos de gobierno, y como parte final del análisis estudiaremos el área de Recursos Humanos.

IV.6 Forma Jurídico-Institucional

La forma jurídico-institucional del organismo operador municipal, no ha sufrido grandes cambios desde que se instituyo el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé. En el año 1972, se crea la Junta Local de Agua Potable de Baja California Sur como una dependencia paraestatal, esta era presidida por el ya mencionado gobernador del territorio, a partir de este año esta nueva dependencia paraestatal, sería la encargada de administrar y otorgar el servicio de agua potable.

Oficialmente para el municipio, no sería sino hasta el año de 1986, cuando el servicio de agua potable y la administración del recurso pasan a manos del gobierno municipal. En 1986 el Congreso del Estado de Baja California Sur publica en el Boletín Oficial del Gobierno del Estado el decreto número 563, donde se crea el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal, como organismo público descentralizado, pasando la infraestructura de la Junta Local de Agua Potable a manos de estas recién formadas paramunicipales, que a partir de esta fecha serían las responsables de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento para los municipios.

El proceso de municipalización de los servicios públicos de agua potable que se da en el estado, surge derivado del fortalecimiento que se le otorga a los municipios a nivel nacional durante el gobierno del entonces presidente de la República, Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, al reformarse el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. A partir de este año y hasta la fecha el organismo operador encargado de suministrar los servicios de Agua Potable al municipio de Mulegé, sigue siendo el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé. Como dependencia pública descentralizada no ha sufrido cambios significantes del orden jurídico-institucional.

IV.7 Estructura interna

En lo que se refiere a la estructura interna del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, el artículo 29 de la Ley de Aguas del estado establece que este Organismo operador, contará para su administración con: una junta de gobierno, un director general, un comisario, el personal técnico y administrativo que se requiera para su funcionamiento, y señala la creación de un consejo consultivo, el cual será creado con la finalidad de hacer participe a los usuarios en la gestión del organismo operador, según nos indica el artículo 35.

La junta de gobierno será la máxima autoridad del sistema de agua potable, para su

aprobación pasaran todos los acuerdos proyectos y reformas que sean tomadas al interior del sistema operador, antes de llegar al cabildo, así como los informes de labores del director general del organismo municipal. Las atribuciones y facultades de dominio que tiene esta junta de gobierno se encuentran establecidas en el artículo 31 de la presente ley. El artículo 30 nos señala que la junta de gobierno se integrará con:

I. El Presidente Municipal, quien la presidirá;
II. Un regidor;
III. Un representante de la Comisión; y
IV. Cuatro representantes del Consejo Consultivo del organismo, uno de los cuales será el presidente de dicho consejo y los demás designados en los términos del estatuto orgánico del organismo, debiendo uno representar a los usuarios domésticos, otro a los comerciales y de servicio, y el último a los industriales.

Como parte importante de la estructura interna del organismo operador municipal se encuentra el consejo consultivo, el cual como ya lo mencionamos, tiene la importante función de hacer partícipe a los usuarios en la gestión del organismo operador, opinando y proponiendo sobre las decisiones que se toman para el funcionamiento eficiente y eficaz del mismo, con este fin el consejo tendrá representación ante la junta de gobierno del organismo operador, en los términos que nos señala el artículo 34 de la ley de aguas. Las funciones que tiene por objeto el consejo las establece el artículo 35, estas son:

1) Hacer participes a los usuarios en la gestión del organismo operador, haciendo las observaciones y recomendaciones para su funcionamiento eficiente, eficaz y económico;
2) Opinar sobre los resultados del organismo operador;
3) Proponer mecanismos financieros o crediticios;
4) Coadyuvar para mejorar la situación financiera del organismo operador;
5) Promover entre los usuarios la cultura, el uso eficiente y racional del agua y el cumplimiento de sus obligaciones; y
6) Las demás que le señale el estatuto orgánico del organismo.

La estructura del consejo consultivo, está regulado por el estatuto orgánico del organismo operador municipal. El artículo 34 hace referencia a que en este consejo deben estar representadas las organizaciones de los sectores social y privado del municipio. Este consejo para su representación ante la junta de gobierno contara con su presidente, y con tres representantes previamente nombrados para esta función.

Al interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé, su estructura Administrativa se encuentra conformada por una Dirección general y 7 Subdirecciones o Sistemas; los Sistemas se ubican en las 7 localidades más representativas

del municipio, todos ellos dependen de la Dirección general.

De la Dirección general se desprenden las siguientes áreas importantes: Desarrollo Hidráulico, Administración y Área comercial**.**

Para los fines de este estudio de mencionaran seis de los siete Sistemas: a) Sistema Santa Rosalía, b) Sistema Guerrero Negro, c) Sistema San Ignacio, d) Sistema Villa Alberto Alvarado e) Sistema Bahía Asunción y f) Sistema Bahía Tortugas.

Cada Sistema cuenta con un Administrador general que depende directamente del Director General, y tres áreas prioritarias: Administración, Facturación y Cobranza y Operación y Mantenimiento; áreas de las cuales se desprende un equipo especializado de personal para cada una (***ver anexo)***

Un aspecto muy importante que tiene relación con la estructura interna de cualquier organización, es aquel que tiene que ver con los documentos de jerarquía y estructura administrativa que deben regular a cualquier órgano administrativo, estos documentos son, el Reglamento Interior y el Manual Integral de Organización.

IV.7.1 Recursos Humanos

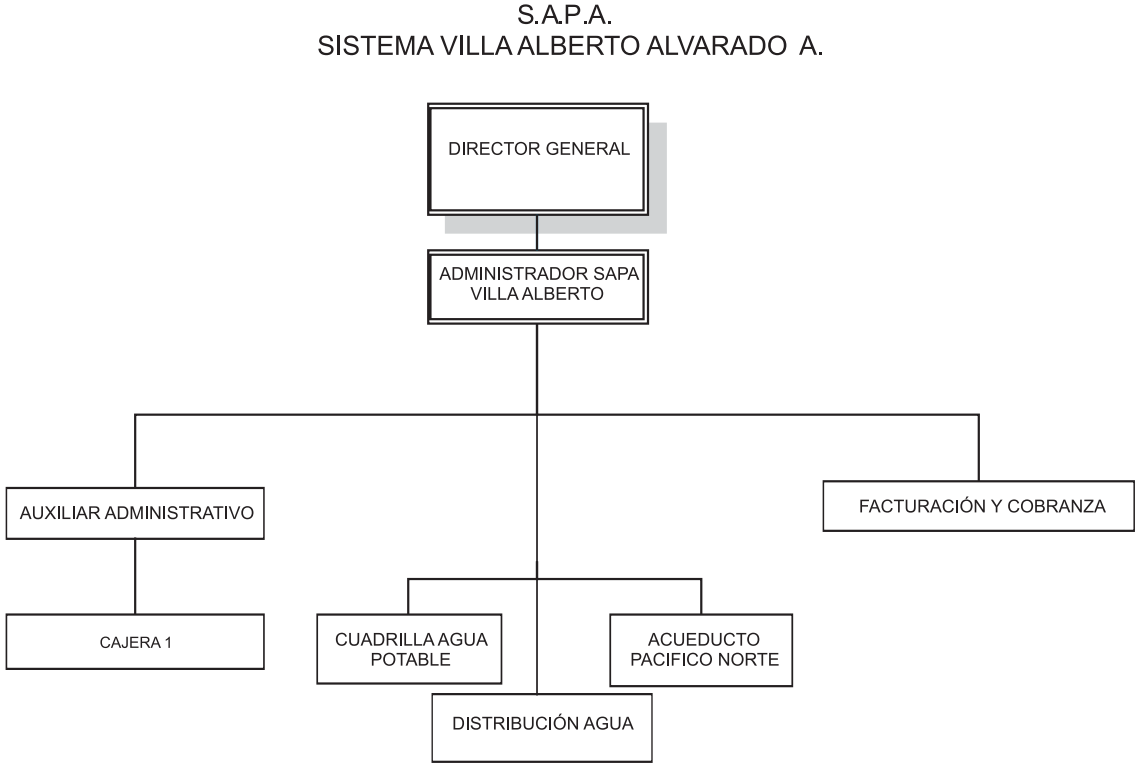
En cuanto al personal que labora en la institución, el departamento de Recursos Humanos del Sistema de Agua Potable reportaba una nómina de 133 empleados, de los cuales 51 se encuentran agrupados en un sindicato y se denominan empleados de base, un empleado es de confianza y los restantes 81 son compensados. En cuanto al número de empleados con los que cuenta el SAPA por Dirección Administrativa, los encontramos distribuidos de la manera siguiente: la Dirección General cuenta con 3 empleados, la Dirección Administrativa con 39, la Dirección Comercial con 27, la Dirección Operativa con 62, la Dirección Técnica con 2, de los cuales 7 son distribuidos en los diferentes sistemas, lo que da un total de 133 empleados. La mayor parte de los empleados del organismo operador municipal atienden exclusivamente a la ciudad de Santa Rosalía, esto debido a que casi la totalidad de los habitantes del municipio se encuentra concentrado en la ciudad. Además de que en Santa Rosalía se asienta la administración municipal.

Tabla 3. Personal del SAPA Mulegé Fuente: Sapa Mulegé.

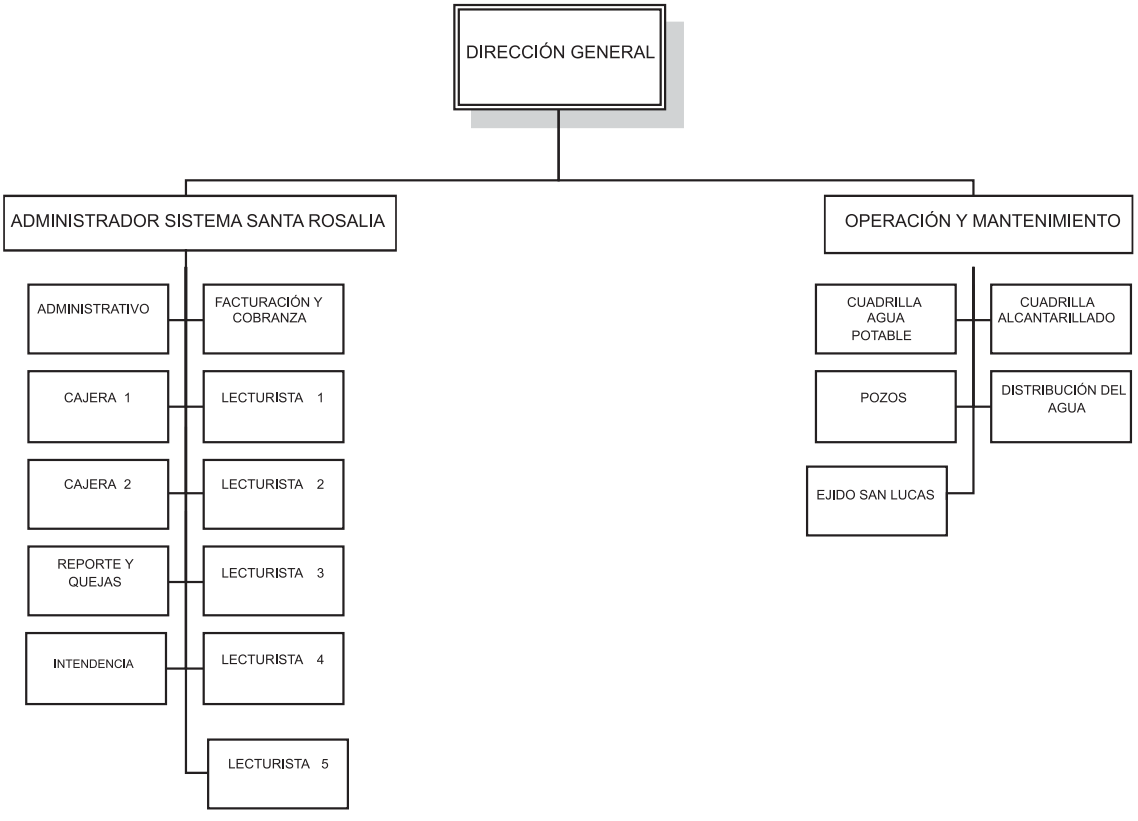
Área	Base	Confianza	Compensado	Totales
Dirección General	0	1	2	3
Dirección Administrativa	18	0	21	39
Dirección Comercial	10	0	17	27
Dirección Operativa	22	0	40	62
Dirección Técnica	1	0	1	2
TOTALES	51	1	81	133

Anexo

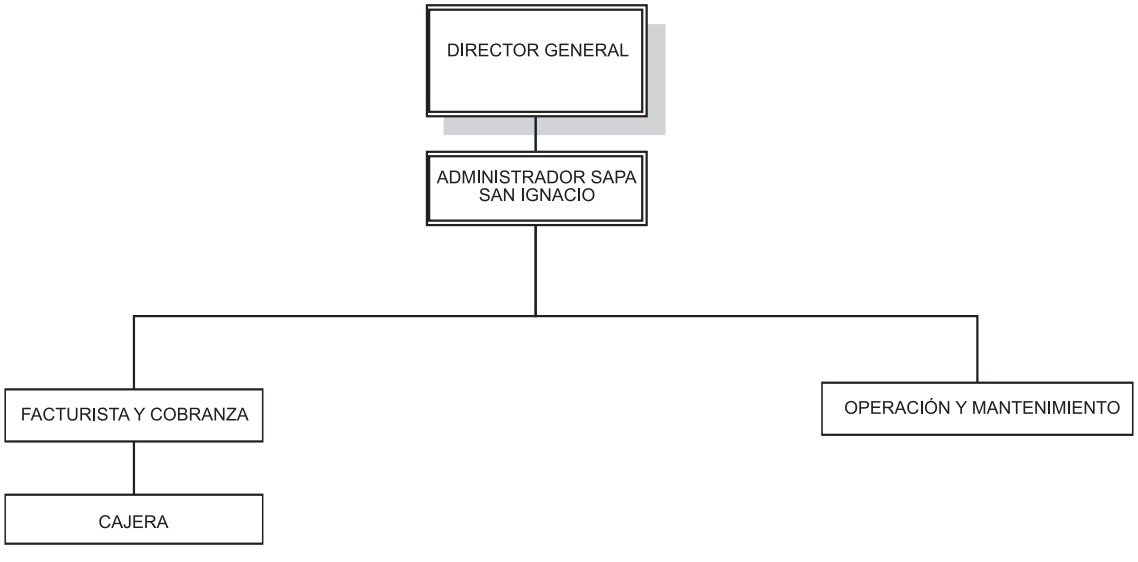
Estructura Orgánica de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado



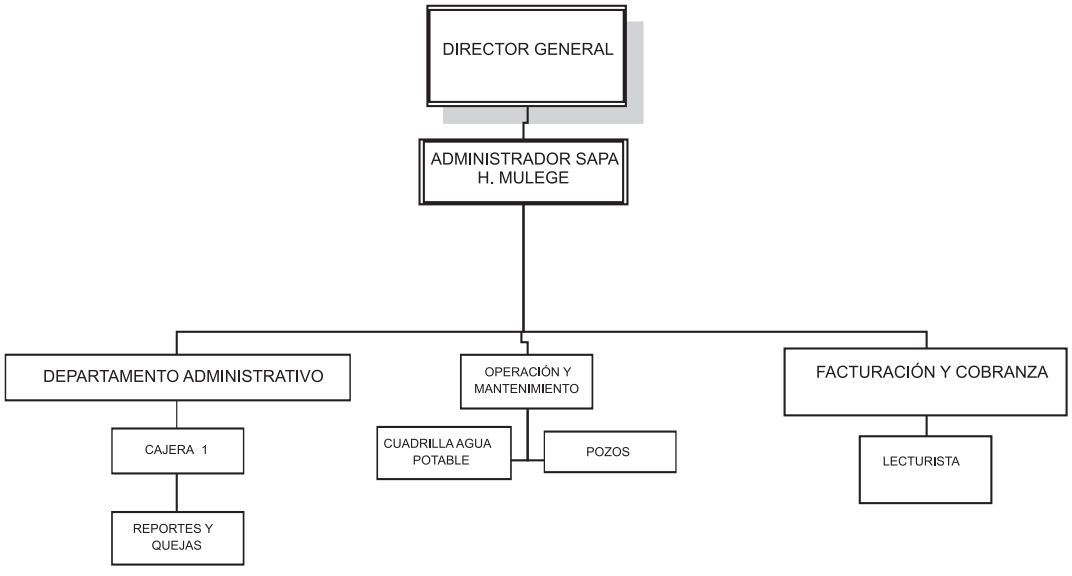
S.A.P.A.
SISTEMA SANTA ROSALIA



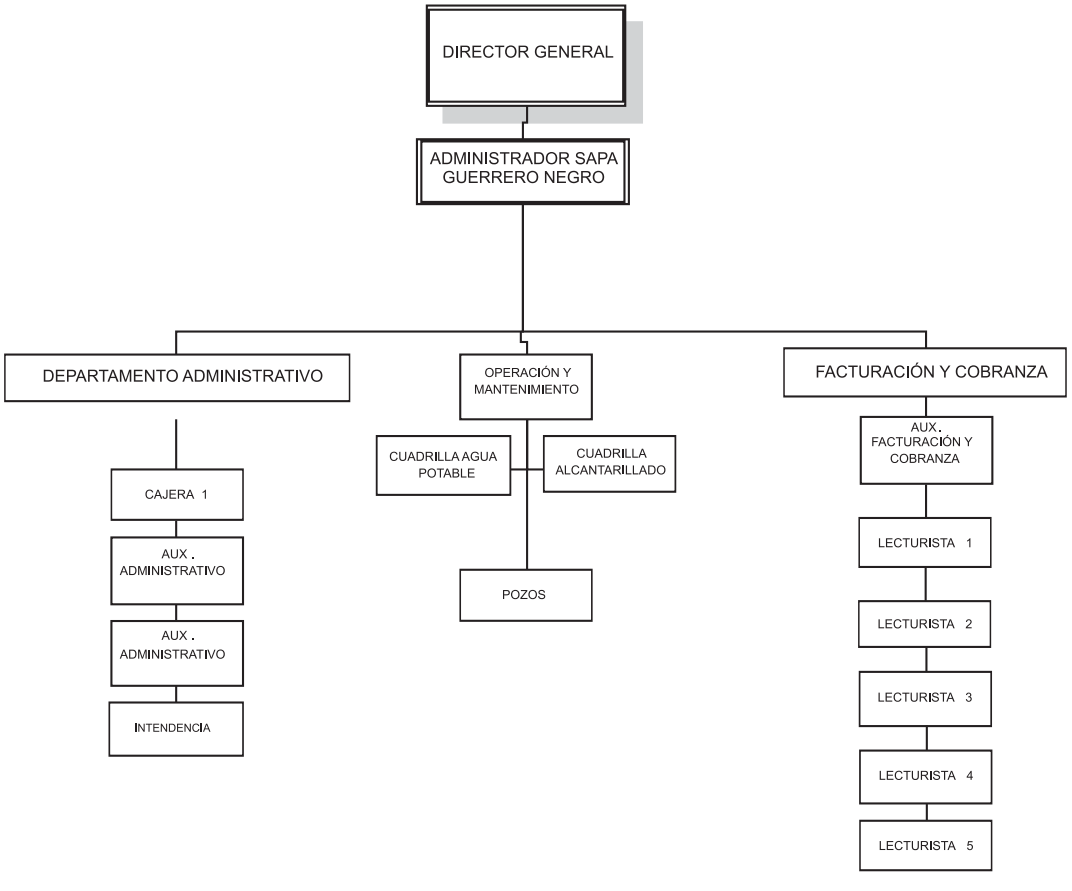
S.A.P.A.
SISTEMA SAN IGNACIO



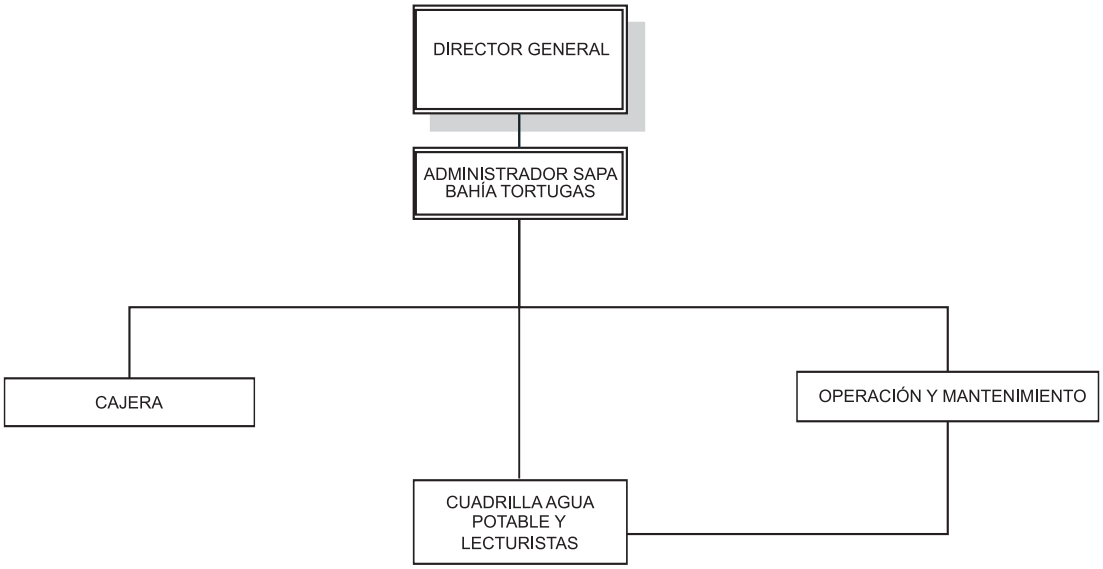
S.A.P.A.
SISTEMA H. MULEGE



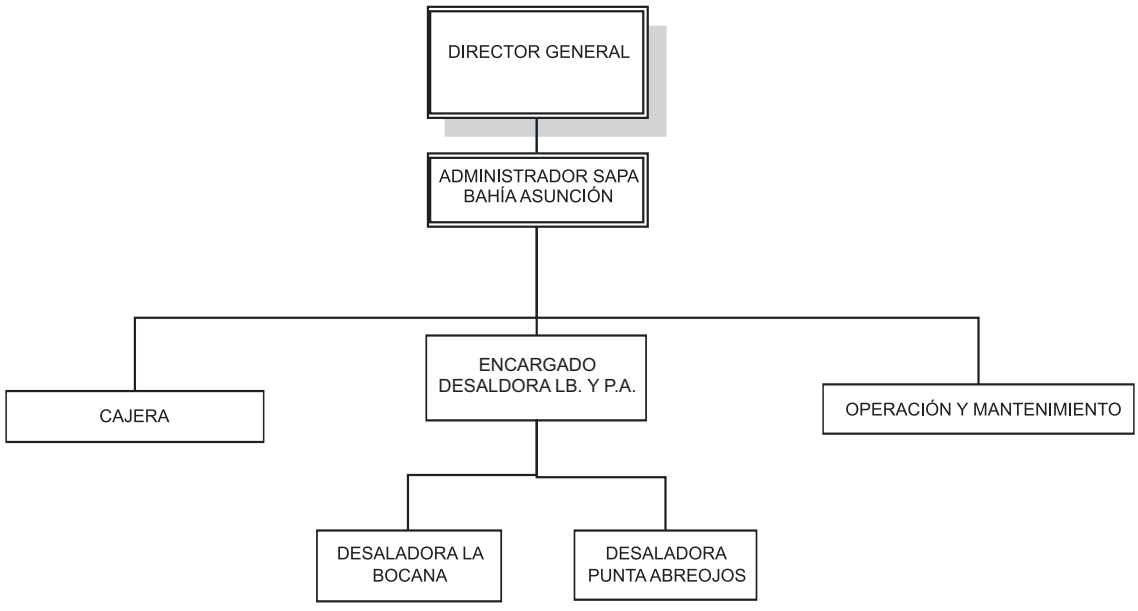
S.A.P.A.
SISTEMA GUERRERO NEGRO



S.A.P.A.
SISTEMA BAHÍA TORTUGAS



S.A.P.A.
SISTEMA BAHÍA ASUNCION



Capítulo V

Estructura Tarifaria del Recurso Agua en la Reserva de la Biósfera del Vizcaino, B.C.S. México

Luis Felipe Beltrán Morales[1], Gerzain Aviles Polanco[1], Lizbeth Salgado Beltrán[2]
Marco A. Almendarez Hernández[1], Enrique Troyo Diéguez[1].

V.1 Base legal para la determinación de la tarifa

En lo que respecta a las cuotas y tarifas que se deberá cobrar a los usuarios por el servicio de agua potable y alcantarillado, la base legal para este cobro se encuentra en la Ley de Aguas del Estado de Baja California Sur, Dicha ley en su artículo 3º fracción XVII define a la estructura tarifaría.

XVII. Estructura tarifaría: La tabla que establece por cada tipo de usuarios y, en su caso, nivel de consumos, los precios por unidad de servicio que deberá pagar cada usuario por los servicios públicos a que se refiere la fracción XXV del presente Artículo.

Esta ley establece en su artículo 109 fracción I, que las tarifas que sean aplicadas deben de propiciar la autosuficiencia financiera del organismo prestador del servicio, lo cual derivará en una menor dependencia de los municipios hacia el estado y la federación. Al respecto al artículo 108 párrafo segundo nos dice que:

Las tarifas medias de equilibrio deberán ser suficientes para cubrir los costos derivados de la operación, el mantenimiento y administración de los sistemas; la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura existente; la amortización de las inversiones realizadas: los gastos financieros de los pasivos; y las inversiones necesarias para la expansión de la infraestructura. Las fórmulas deberán reflejar el efecto, que en su caso, tengan en las tarifas medias de equilibrio las aportaciones que hagan los Gobiernos Federal, Estatal, y Municipales o cualquier otra instancia pública, privada o social. Las fórmulas también deberán tomar en cuenta explícitamente el efecto de la eficiencia física, comercial, operativa y financiera de los

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.
[2] Investigadora de la Universidad de Sonora

prestadores de los servicios.

En el artículo 3º fracción XXVIII de la ley de aguas, se define a la tarifa media de equilibrio como aquella tarifa promedio que se deberá aplicar, para asegurar el equilibrio financiero de aquel organismo que preste el servicio. Con el cobro de esta tarifa, se busca que el organismo operador alcance su equilibrio financiero, que este pago sea suficiente para cubrir sus gastos de operación, mantenimiento y administración, y aun mas que se generen los recursos suficientes para realizar la inversión necesaria en la infraestructura nueva, infraestructura que se requiere para cubrir la demanda en creciente expansión del servicio. Todo esto dependiendo lo menos posible de las aportaciones federales y estatales.
Un aspecto muy importante que se presenta en el pago del servicio, es el del acceso de la población de bajos ingresos al servicio del agua potable, el artículo 109 fracción 3ª regula este acceso tomando en cuenta que se debe de considerar la capacidad de pago de los distintos estratos de los usuarios. El Artículo 112 en su párrafo segundo nos dice que se deberá de tomar en cuenta el nivel socioeconómico de estos, para una correcta y equitativa aplicación de la estructura tarifaría.

El prestador de los servicios podrá determinar una estructura tarifaría que tome en cuenta el tipo y nivel socioeconómico o la capacidad de pago de los diferentes estratos de usuarios, de forma que permita establecer criterios de equidad en el costo de dichos servicios. La estructura tarifaría deberá diseñarse de manera que de su aplicación resulten los mismos ingresos que si se aplicaran las tarifas medias.

El órgano administrativo encargado de establecer y aprobar la estructura tarifaría y las tarifas medias de equilibrio que se deberán de aplicar, dependerá de quien sea el encargado de prestar el servicio de Agua Potable y Alcantarillado a la ciudadanía en algún momento dado, esto de acuerdo a los términos que establece la Ley de Aguas del Estado, estos órganos pueden ser los siguientes: la Comisión Estatal de Agua Potable, a través de su junta de Gobierno (Art.11 fracc. VII y VIII), los municipios directamente, cuando presten el servicio de forma directa (Art.19 fracc. X), y cuando lo hagan en forma descentralizada serán los organismos operadores municipales (Art. 27 fracc. II) a través de su Junta de Gobierno (Art. 31 fracc. III) quienes establecerán y aprobaran las tarifas, cuando el municipio preste el servicio a través de un organismo operador Intermunicipal, será este organismo operador quien cumpla esta función (Art. 43 y 48), y por último cuando los sectores social y privado presten el servicio público de Agua Potable y Alcantarillado (Art. 51 fracc. 1ª), ellos serán los encargados de aplicar las tarifas (Art. 52 y 54 fracc. XV.). Las tarifas que sean aplicadas, se deberán publicar en el boletín oficial del gobierno del estado de B.C.S., en la gaceta municipal que corresponda, o en su caso en el diario de mayor circulación del estado. Lo anterior se encuentra estipulado en el artículo 115 de la ley de aguas.

Actualmente en el municipio de Mulegé y en la Reserva, el servicio de Agua Potable y Alcantarillado, es prestado por el municipio en forma descentralizada a través del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé, SAPA, de manera que las tarifas y

cuotas que se cobran por el servicio son aprobadas y determinadas por la junta de Gobierno del organismo operador. Estas tarifas se encuentran definidas por la Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé. Cabe aclarar que en esta Ley no se especifica una tarifa media de equilibrio, ni ninguna tarifa especial que tome en cuenta la capacidad de pago de la población de bajos ingresos, como lo estipula la Ley de Aguas en sus artículos 108 y 109 respectivamente. La Ley de Hacienda en su título tercero, capítulo v, artículo 78 específicamente, establece las tarifas. El capítulo v se encuentra divido por 2 secciones, en la 1ª sección se estipulan acciones especificas del Sistema de Agua Potable por la utilización del recurso en sus diferentes tipos de uso, doméstico, comercial, industrial y turístico, en la 2ª sección se hace referencia específicamente a las tarifas de alcantarillado, tratamiento y saneamiento para los diferentes tipos de uso. En los siguientes tablas se presentan cuales son estas tarifas, en los términos de la citada Ley de Hacienda, para el año 2005.

Tabla 1. Servicio doméstico

Consumo mensual en metros cúbicos	Costo
Hasta 35 m^3 (cuota mínima)	1.5 días salario mínimo vigente.
De 31 a 50 m^3	3% del salario mínimo vigente por cada m^3 que se exceda.
De 51 a 80 m^3	6% del salario mínimo vigente por cada m^3 que se exceda
De 81 a 199 m^3	9% de salario mínimo.

Fuente: Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé

Tabla 2. Servicio comercial

Consumo mensual en metros cúbicos.	Costo
Hasta 35 m^3 (cuota mínima)	4.5 días de salario mínimo
De 36 a 50 m^3	6% del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.
De 51 a 10 m^3	8 % del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.
De 81 a 100 m^3	10 % del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.

Fuente: Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé

Tabla 3. Servicio industrial y turístico

Consumo mensual en metros cúbicos.	Costo
Hasta 100 m^3 (cuota mínima)	10 salarios mínimos
De 101 a 125 m^3	9% del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.
De 126 a 150 m^3	11% del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.
De 151 a 200 m^3	13% del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.
De 201 m^3 en adelante	20% del salario mínimo diario por cada m^3 que exceda.

Fuente: Ley de Hacienda para el Municipio de Mulegé

Cabe aclarar que estas tarifas son aplicadas únicamente en los casos, en los que el consumo del servicio sea medido a través de un aparato medidor. En los casos en los que la toma doméstica no cuente con un aparato medidor, en el segundo inciso de la 1ª sección, del capítulo V de la Ley de Hacienda, se establece que: "Tarifa cuando no existan medidores: Consumo mensual únicamente servicio domestico 1 a 5 salarios mínimos"

V.2 Estructura Tarifaría del Recurso Agua por Tipo de Usuario

El sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé, establece tres tipos de tarifas para el cobro del servicio, una tarifa para uso doméstico, otra para uso comercial, y la última para el servicio industrial. Estas tarifas las establece como ya lo mencionamos la Ley de Hacienda del Municipio de Mulegé. Cabe aclarar que las tarifas son aprobadas por la Junta de gobierno del organismo operador, que forma parte de la estructura administrativa del Sistema de Agua Potable. Esta junta de gobierno se encuentra conformada por el Presidente Municipal, quien la preside, un regidor, un representante de la Comisión Estatal de Agua Potable, y cuatro representantes del consejo consultivo, que también forma parte de la estructura administrativa del sistema operador. En los siguientes apartados describiremos como se encuentran estructuradas las tarifas, de acuerdo a estos tres diferentes tipos de uso, doméstico, comercial e industrial. Y se analizará cómo ha sido la evolución de estas tarifas en un lapso de 5 años a la fecha, del 2001 al 2005, cuáles han sido sus incrementos o decrementos y en qué niveles han sido estos.

V.3 Uso Doméstico

Actualmente la tarifa doméstica, se calcula en base a un mínimo de consumo de 0 a 25 m^3 que es el rango mínimo de consumo que se cobra, esta tarifa se conoce como cuota mínima, después de este consumo, hay cuatro cuotas para diferentes rangos de consumo: de 25 a 50 m^3, de 51 a 100 m^3, de 101 a 200 m^3 y de 201 a 500 m^3. Cada metro cúbico adicional se cobra

de acuerdo al rango escalonado donde se ubique este consumo, para esta tarifa.

A la tarifa doméstica, se le incluye un cobro adicional por concepto de alcantarillado, tratamiento y saneamiento, este cobro se realiza de la manera siguiente: 25 % del importe por el consumo de agua, en caso de no existir medidor será sobre la cuota mínima. A continuación presentan las tarifas autorizadas por La Junta de Gobierno del S.A.P.A. de Mulegé para servicio domestico; de los periodos del 2002, 2003, 2004 y 2005.

Tabla 4. Tarifas aplicables para el ejercicio 2004 -2005

Servicio doméstico		
Límites	Importe	Concepto
De 0 A 25 m^3	100.00	Cuota Mínima
De 25 A 50 m^3	3.64	C/m^3
De 51 A 100 m^3	5.73	C/m^3
De 101 A 200 m^3	8.75	C/m^3
De 201 A 500 m^3	12.65	C/m^3

Fuente: SAPA Mulegé

Tabla 5. Tarifas aplicables para el ejercicio 2003. Fuente: SAPA Mulegé

Servicio doméstico														
LIMITES					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	25	m^3	80.80	81.60	82.40	83.20	84.00	84.80	85.60	86.40	87.20	88.00	88.20	89.60
De	26	A	50	m^3	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
De	51	A	100	m^3	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73
De	101	A	200	m^3	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75
De	201	A	500	m^3	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65

Tabla 6. Tarifas aplicables para el ejercicio 2002 Fuente: SAPA Mulegé

Servicio doméstico														
LIMITES					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	25	m^3	68.32	68.32	68.32	68.32	68.32	68.32	68.32	68.32	68.32	80.00	80.00	80.00
De	26	A	50	m^3	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64	3.64
De	51	A	100	m^3	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73
De	101	A	200	m^3	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75	8.75
De	201	A	500	m^3	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65	12.65

En las tablas anteriores podemos apreciar cual ha sido la variación en los precios que han sufrido las tarifas del 2002 al 2004. Se puede observar que únicamente la cuota mínima ha generado un incremento en las tarifas anualmente. Se supone que el incremento que se debe generar, debe ser de manera automática, cada vez que el Índice Nacional de Precios al Consumidor, se incremente en un cinco por ciento respecto al que estaba vigente la última vez que se establecieron (Ley de Aguas, Art. 114).

En la tabla siguiente, se estimó el incremento porcentual que ha sufrido la tarifa de cuota mínima en cada uno de estos años.

Tabla 7. Incremento porcentual en la tarifa de cuota mínima, para el tipo de uso doméstico Fuente: SAPA Mulegé

Rangos de Consumo	Incremento del 2001-2002 (%)	Incremento del 2002-2003 (%)	Incremento del 2003-2004 (%)
De 0 A 25 m^3	17	11	11

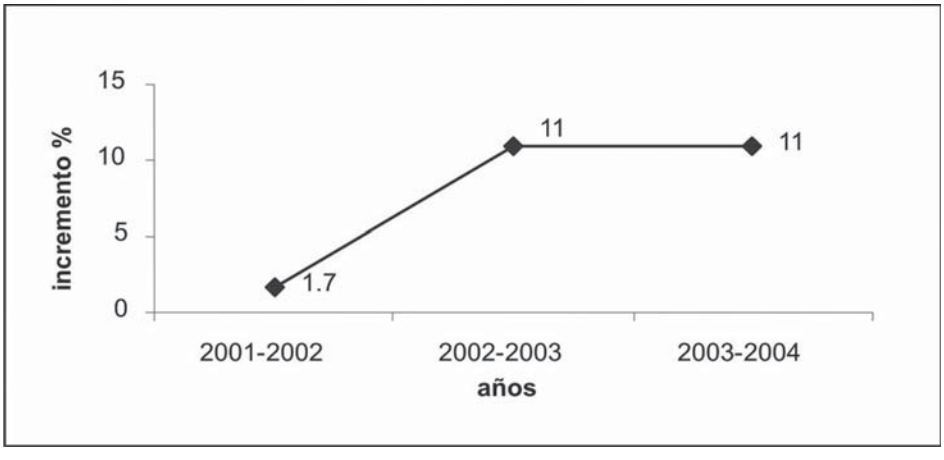


Figura 1. Incremento porcentual tarifa servicio doméstico.

En la tabla 7 y en la Figura 1 podemos apreciar cual ha sido el cambio porcentual en el incremento de la tarifa de un año, con respecto al otro, podemos observar que el año en el que se registro un incremento mayor fue el que corresponde al lapso de tiempo del 2001 al 2002, posteriormente se mantuvo constante el incremento.

Para realizar un análisis más condensado, que represente el precio de la tarifa en general y que tome en cuenta a los diferentes niveles de consumo, se considero el precio promedio del agua para su uso doméstico. En la tabla 8 se pueden observar los precios promedios de los años del 2001 al 2005, para el tipo de uso doméstico, para llegar a estos precios promedio se tomaron la base ya existente de los mismos rangos de consumo y se calcularon en base a estos, como complemento de este análisis también se calculó el incremento porcentual que han sufrido estos promedios en los diferentes lapsos de tiempo.

Tabla 8. Precios promedio del m^3 de agua para uso doméstico

Rangos de Consumo	2001, $ por m^3	2002, $ por m^3	2003, $ por m^3	2004-5, $ por m^3
Hasta 25 m^3	2.73	2.84	3.40	4
Hasta 50 m^3	3.64	3.64	3.64	3.64
Hasta 100 m^3	5.73	5.73	5.73	5.73
Hasta 200 m^3	8.75	8.75	8.75	8.75
Hasta 500 m^3	12.65	12.65	12.65	12.65
Promedio	6.7	6.72	6.83	7
Incrementos		0.45	0.46	0.48

Fuente: SAPA Mulegé

V.4 Uso Comercial

En la tarifa comercial, al igual que en la tarifa doméstica, existe una cuota mínima de consumo, que es hasta 25 m^3, después del consumo de estos 25 m^3, se cobra de acuerdo al nuevo rango donde se ubique el consumo: existen 5 rangos mas, al igual que en el servicio doméstico, el rango varia, desde 0 a 25 m^3, hasta mas de 500 m^3 de consumo. A esta tarifa comercial, al igual que en la tarifa doméstica, también se le incluye un cargo adicional, por concepto de alcantarillado, tratamiento y saneamiento, en este caso se cobra el 25% adicional del valor del consumo de agua potable, de acuerdo a cada rango de consumo. A continuación se describen las tarifas autorizadas por la Junta de Gobierno del S.A.P.A. de Mulegé para los años del 2001 al 2005.

Tarifas de los Servicios de Agua Potable de Uso Comercial (tarifas autorizadas por la Junta de Gobierno del O.O.M.S.A.P.A. de Mulegé)

Tabla 9. Tarifas aplicables para el ejercicio 2004-2005

Servicio Comercial						
Límites					Importe	Concepto
De	0	A	25	m^3	160.00	Cuota mínima
De	26	A	50	m^3	5.82	Cada m^3
De	51	A	100	m^3	9.17	Cada m^3
De	101	A	200	m^3	13.99	Cada m^3
De	201	A	500	m^3	20.24	Cada m^3
De	501	En adelante…			28.91	Cada m^3

Fuente: SAPA Mulegé

Tabla 10. Tarifas aplicables para el ejercicio 2003

Servicio Comercial															
Límites					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	25	M3	129.47	130.75	132.03	133.31	134.59	135.87	137.15	138.43	139.71	140.99	142.27	143.55
De	26	A	50	M3	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
De	51	A	100	M3	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17
De	101	A	200	M3	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99
De	201	A	500	M3	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24
De	501	En adelante…			28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91

Fuente: SAPA Mulegé

Tabla 11. Tarifas aplicables para el ejercicio 2002

Servicio Comercial															
Límites					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	25	M3	109.47	109.47	109.47	109.47	109.47	109.47	109.47	109.47	109.47	128.19	128.19	128.19
De	26	A	50	M3	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
De	51	A	100	M3	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17
De	101	A	200	M3	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99	13.99
De	201	A	500	M3	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24	20.24
De	501	En adelante…			28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91	28.91

Fuente: SAPA Mulegé

Este tipo de tarifa comercial, es mas caro que la tarifa para uso doméstico. En la tabla 10 y la Tabla 11 siguientes, se puede observar cual ha sido el comportamiento en los incrementos porcentuales en la tarifa de cuota mínima de tipo comercial, para los años del 2001 al 2004. En la tabla 12 podemos apreciar que de manera general el lapso de tiempo, en el que se registro un incremento mayor fue el que corresponde a los años del 2001-2002, siendo el incremento mayor a un 15%.

Tabla 12. Incremento porcentual en la tarifa de cuota mínima (rango de consumo hasta 25m^3) para el tipo de uso comercial Fuente: SAPA Mulege.

Rango de Consumo	Incremento del 2001-2002	Incremento del 2002-2003	Incremento del 2003-2004
Hasta 25 m^3	17%	12%	10%

El periodo de tiempo siguiente, del 2003 al 2004, se presentó un incremento mucho menor con respecto al lapso anterior. De manera similar que para el caso de la tarifa para uso doméstico, para la tarifa comercial se puede establecer un precio promedio que refleje de manera general cual es el precio promedio que tiene cada m^3 de agua consumido para este

tipo de tarifa. Al igual que para calcular el precio promedio de la tarifa de uso doméstico, para la tarifa comercial, utilizaremos los mismos rangos de consumo que ya se tienen establecidos. En la tabla siguiente podemos observar, cuales fueron los precios promedios del m^3 de agua para el tipo de uso comercial, para cada uno de los diferentes años analizados.

Tabla 13. Precios promedio del m^3 de agua para uso comercial

Rangos de Consumo	2001, $ por m^3	2002, $ por m^3	2003, $ por m^3	2004-5, $ por m^3
De 0 A 25 m^3	4.37	4.56	5.46	6.4
De 25 A 50 m^3	5.82	5.82	5.82	5.82
De 51 A 100 m^3	9.17	9.17	9.17	9.17
De 101 A 200 m^3	13.99	13.99	13.99	13.99
De 201 A 500 m^3	20.24	20.24	20.24	20.24
De 501 m^3 en adelante	28.91	28.91	28.91	28.91
Promedio	13.84	13.87	13.93	14
Incrementos		0.01	0.01	0.01

Fuente: SAPA Mulegé

En la tabla 13 podemos observar, que el precio promedio mas alto fue el del 2004-05 que fue de 14 pesos, y el menor fue el del 2001 con 13.84 pesos, gradualmente para cada uno de los años el precio promedio a estado subiendo, aunque en términos porcentuales el comportamiento ha sido insignificante. De manera general el precio promedio ha observado incrementos a través de estos años, estos incrementos han sido crecientes de manera gradual.

V.5 Uso Industrial

Para este tipo de uso del agua actualmente se tiene estipulado un pago mínimo correspondiente a 100 m^3 de consumo que se cobra por el servicio, después de este consumo, al igual que para el uso doméstico y comercial, se cobrara de acuerdo al nuevo rango tarifarío donde caiga el consumo. Siendo cinco más los diferentes rangos de consumo. Al igual que las tarifas comercial y doméstica, a la tarifa industrial también se le incluye el cargo de alcantarillado, tratamiento y saneamiento, aplicándose este con un cargo del 25% adicional, al consumo de agua potable, de acuerdo al rango de consumo donde se establezca

En las tablas siguientes, se pueden observar los incrementos que ha sufrido la tarifas de cuota mínima del tipo industrial del periodo de tiempo que abarca los años del 2002 al 2004-05, se puede observar como los incrementos en la tarifa mas significativos se dan del 2002 al 2003. Al igual que en los otros consumos se aprecia el mismo comportamiento, incrementos no muy significativos en la tarifa de cuota mínima y nulo incremento para todos lo demás rangos de consumo.

Tabla 14. Tarifas aplicables para el ejercicio 2004-2005

Servicio Industrial						
Límites					Importe	Concepto
De	0	A	100	m^3	615.20	Cuota mínima
De	101	A	125	m^3	6.22	Cada m^3
De	126	A	150	m^3	9.83	Cada m^3
De	151	A	250	m^3	14.99	Cada m^3
De	251	A	500	m^3	21.69	Cada m^3
De	501	En adelante…			30.96	Cada m^3

Fuente: SAPA Mulegé

Tabla 15. Tarifas aplicables para el ejercicio 2003 Fuente: SAPA Mulegé

Servicio Industrial														
Límites					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	100	M3	554.81	560.30	565.79	571.28	576.77	582.26	587.75	593.24	598.73	604.22	609.71	615.20
De	101	A	125	M3	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
De	126	A	150	M3	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83
De	151	A	250	M3	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99
De	251	A	500	M3	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69
De	501	En adelante…			30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96

Tabla 16. Tarifas aplicables para el ejercicio 2004 Fuente: SAPA Mulegé

Servicio Industrial														
Límites					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De	0	A	100	m^3	469.10	469.10	469.10	469.10	469.10	469.10	469.10	469.10	469.10	549.32	549.32	549.32
De	101	A	125	m^3	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
De	126	A	150	m^3	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83	9.83
De	151	A	250	m^3	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99
De	251	A	500	m^3	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69	21.69
De	501	En adelante…			30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96	30.96

De la misma manera que para los tipos de uso analizados con anterioridad, el doméstico y el comercial, también para el uso industrial se analizaron los incrementos porcentuales presentados en la tarifa de cuota mínima, en el periodo de tiempo del 2002 al 2004-05, En la tabla 17 y en la Figura 2 se presentan los resultados de este análisis.

El periodo de tiempo que corresponde al 2001-2002, se registro un incremento en la tarifa de alrededor de un 17%, en la Figura 2 se puede apreciar este comportamiento homogéneo en este lapso de tiempo. Para el lapso siguiente que va de los años del 2002 al 2003, se presentó un incremento mucho menor, siendo este de un 9.46%, el único rango de consumo que presentó un cambio diferente fue el que corresponde a un consumo mayor de 500 m^3, registrándose una disminución en esta tarifa, que se ubico en un 3.56%, este hecho da como resultado un incentivo al desperdicio del recurso, ya que al usuario al consumir más se le incrementa menos el precio del recurso.

Tabla 17. Incremento porcentual en la tarifa de cuota mínima, para el tipo de uso industrial. Fuente: SAPA Mulegé

Rangos de Consumo	Incremento del 2001-2002	Incremento del 2002-2003	Incremento del 2003-2004
Hasta 100 m^3	17%	1%	11%

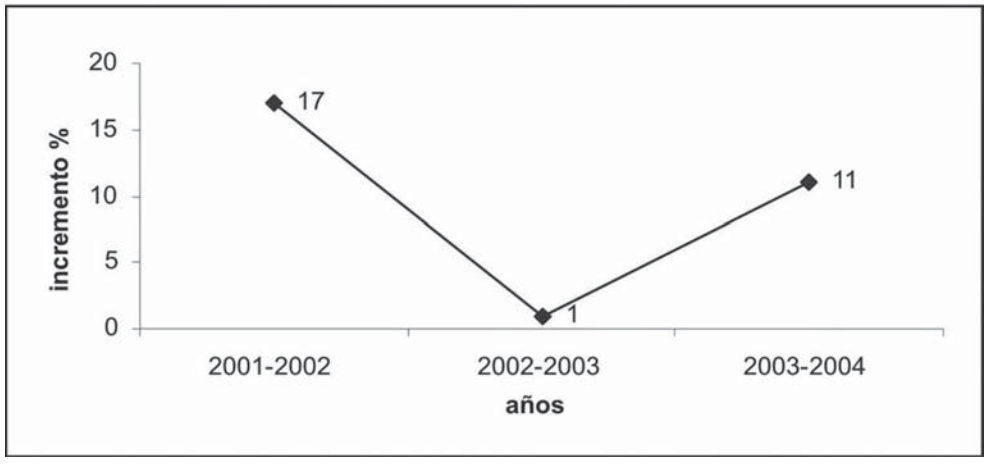


Figura 2. Incremento porcentual servicio industrial

Al igual que en el caso de las tarifas de tipo doméstico y comercial, para la tarifa industrial también se puede definir un precio promedio que refleje un indicador general del precio por cada m^3, consumido para este tipo de tarifa. En la tabla 18 se puede observar el incremento porcentual que han sufrido las tarifas de uso industrial.

Tabla 18. Precios promedio del m^3 de agua para uso industrial

Rangos de Consumo	2001, $ por m^3	2002, $ por m^3	2003, $ por m^3	2004 -5, $ por m^3
De 0 a 100 m^3	4.69	4.89	5.85	6.15
De 101 a 125 m^3	6.22	6.22	6.22	6.22
De 126 a 150 m^3	9.83	9.83	9.83	9.83
De 151 a 250 m^3	14.99	14.99	14.99	14.99
De 251 a 500 m^3	21.69	21.69	21.69	21.69
De 501 m^3 en adelante.	30.96	30.96	30.96	30.96
Promedio	14.73	14.76	14.92	15
Incrementos		0.02	0.02	0.02

Fuente: SAPA Mulegé

Al igual que en el análisis de los incrementos en los precios promedios de las tarifas doméstico y comercial, para el tipo de uso industrial, también se presentó un incremento de forma gradual, únicamente para el rango de consumo de tarifa mínima, como se puede observar en la tabla en términos porcentuales el comportamiento ha sido muy similar año con año.

V.6 Análisis del número de usuarios del recurso, por tipo de uso

Al hablar de un recurso tan importante como el agua, no podemos dejar pasar por alto uno de los factores que inciden directamente sobre la disponibilidad de este, nos referimos a las personas que utilizan el recurso. En el municipio de Mulegé, para las localidades más representativas de la Reserva, el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado reporta para el 2005 un total de ***9,767 tomas de agua*** (para fines del estudio cada toma será considerada como un usuario), esto sin incluir a las áreas rurales que no pertenecen al Sistema Operador.

De la misma manera que para el caso del análisis de las tarifas, este número total de usuarios se encuentra agrupado de acuerdo al tipo de uso que se le da al recurso, siendo estos usos del tipo Doméstico, Comercial, e Industrial. En la tabla y gráfica siguiente se presenta la evolución que han registrado el número de usuarios del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado en la Reserva, de acuerdo al tipo de uso, del 2002 al 2005.

En la tabla 19 y en la Figura 3 podemos apreciar el comportamiento que han presentado los usuarios desde el 2002 al 2005 en cuanto al crecimiento en su número, los de tipo doméstico representan la mayor cantidad de usuarios, ya que representan aproximadamente el 95%

Tabla 19. Número de Usuarios del SAPA en las localidades en estudio.

Años	Doméstico	Comercial	Industrial	Total
2002	8415	385	86	8886
2003	8660	386	85	9131
2004	8791	409	86	9286
2005	9254	424	89	9767

Fuente SAPA Mulegé

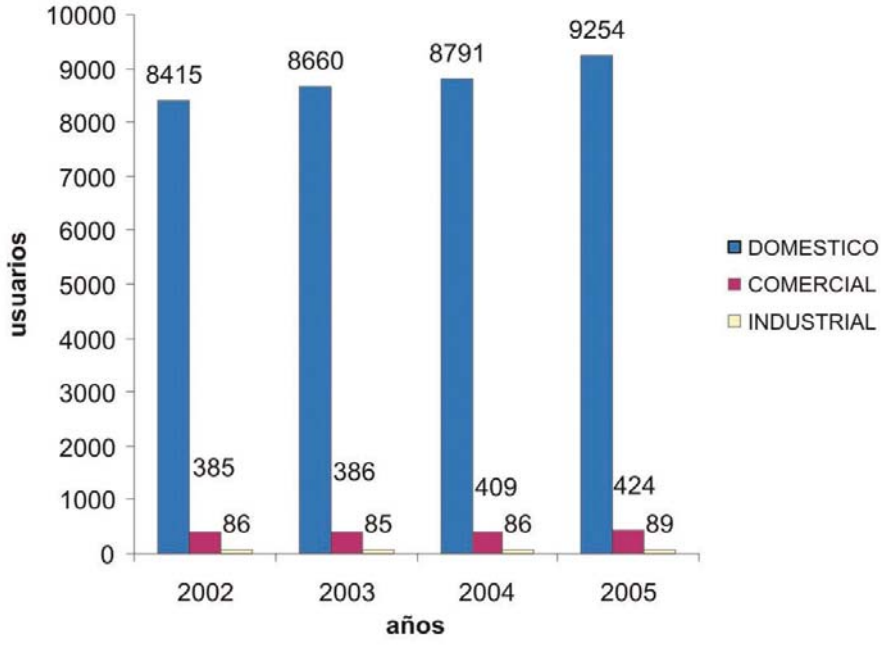


Figura 3. Usuario por tipo de consumo

del padrón total de usuarios, en el número de usuarios de este tipo, podemos apreciar un incremento constante año tras año, le siguen en cantidad, los del tipo comercial, que representan alrededor del 4% del total de usuarios, para este tipo de usuarios, también se puede apreciar un constante incremento en su número año tras año, y por último están los usuarios del tipo industrial, que representan la menor proporción en cantidad del número total de usuarios, tan solo alrededor del 1%, en los usuarios de este tipo, para este tipo de usuarios contrario a lo que sucede con los anteriores, en la tabla y gráfica, se puede apreciar una disminución en el 2003, siendo imperceptible el incremento para este tipo de usuarios en el registro.

Para poder apreciar de una manera más clara este comportamiento, del aumento o disminución en la cantidad de usuarios que se ha registrado a través de estos años del 2002 al 2005, en la Figura 4 se pueden apreciar cuales han sido las Tasas de Crecimiento del número de usuarios de acuerdo al tipo de uso en el que se encuentran al igual que en la gráfica

anterior, del tipo Doméstico, Comercial e Industrial. Estas Tasas de Crecimiento están dadas en términos porcentuales.

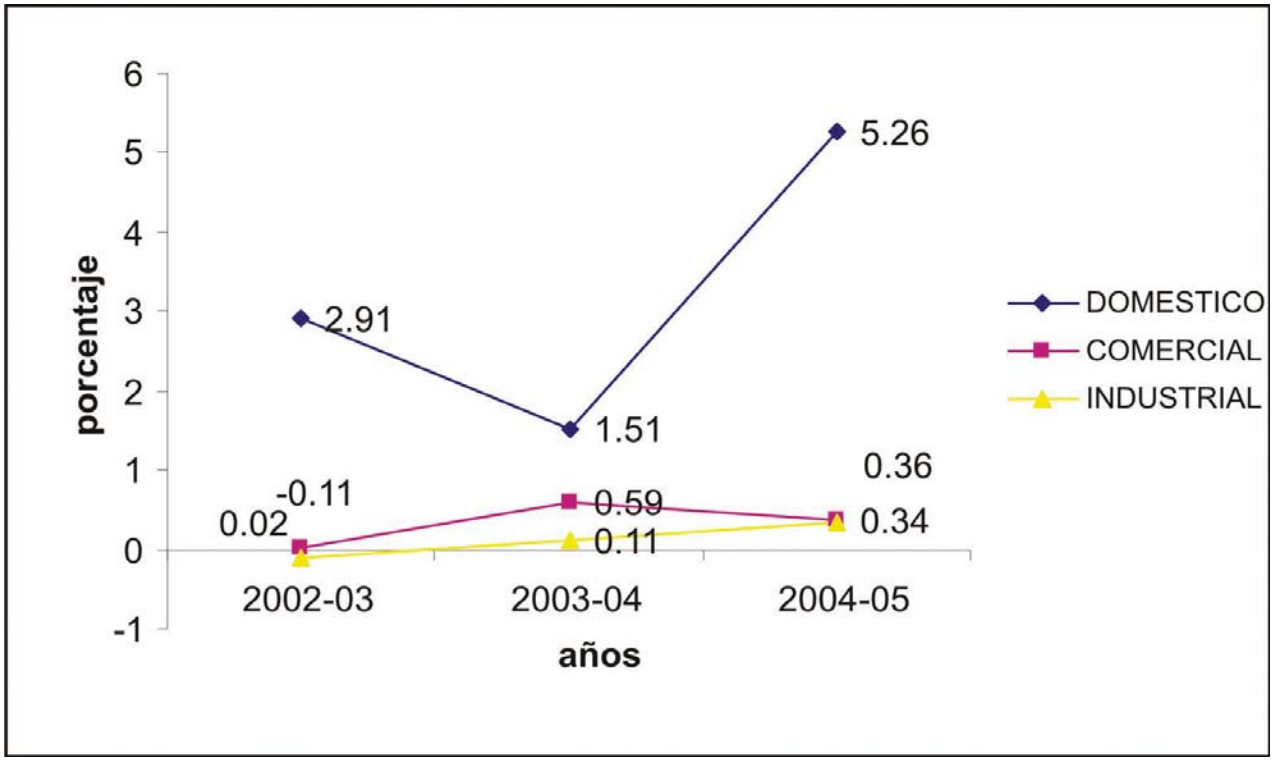


Figura 4. Tasas de crecimiento por tipo de uso

En la Figura 4 se puede apreciar como de los años del 2002 al 2005, los usuarios de tipo Doméstico crecieron en un porcentaje mayor con respecto a los del tipo Comercial e Industrial, al presentar una tasa de crecimiento superior durante todos los años a los demás porcentajes, le siguieron los de tipo Comercial con un promedio sostenido de aproximadamente 0.5% y los usuarios de tipo Industrial no crecieron si no por el contrario disminuyeron durante un periodo de tiempo. Para el 2005, los usuarios de tipo Industrial mostraron una muy leve recuperación con respecto al 2002, creciendo en un 0.34%. Para los usuarios de tipo Doméstico la mejor temporada fue el 2005 creciendo en un 5.26%, y los de tipo comercial tuvieron la mayor tasa de crecimiento en el 2003-2004, incrementando un 0.59%.

Realizando un análisis general del crecimiento mostrado en todos los periodos de años, para cada uno de los tres tipos de usos, los usuarios de tipo doméstico fueron los que registraron el ritmo de crecimiento más alto, a su vez los usuarios de tipo comercial crecieron un poco. Los usuarios de tipo industrial fueron lo que presentaron el menor ritmo de crecimiento, iniciando con una tasa de crecimiento negativa y prácticamente sin poder recuperarse.

Capítulo VI

Volúmenes de Consumo de Agua por localidad en la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno, B.C.S. México

Luis Felipe Beltrán Morales[1], José Borgues Contretas[2], Magdalena Lagunas Vázquez[2], José Antonio Beltrán Morales[2], Felipe García Rodríguez[3]

VI.1 Sistema de Localidades

El Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Mulegé, realiza el control y monitoreo de los volúmenes de consumo de agua en la población del municipio, a través de un esquema que se conoce con el nombre de sistemas y subsistemas. La Dirección General y el control de la información se concentran en la cabecera municipal que es Santa Rosalía, donde se asienta el Organismo Operador Municipal de SAPA Mulegé. De esta manera se lleva un control aproximado de las cantidades de agua que consume la población por localidad. El encargado de llevar al control y seguimiento de los sistemas y subsistemas al interior del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, es el departamento de Lectura y Facturación, departamento que pertenece a la Dirección Comercial del Sistema Operador.

De las seis localidades más representativas de la Reserva, tres tienen subsistemas adicionales (pequeñas poblaciones que se añaden al servicio del recurso por parte del sistema): 1) Sistema Santa Rosalía; subsistemas Santa Águeda, San Bruno, Palo Verde, San José de Magdalena y San Lucas, 2) Sistema Guerrero Negro, 3) Sistema San Ignacio, 4) Sistema Villa Alberto Alvarado; subsistema Acueducto Pacífico Norte, 5) Sistema Bahía Asunción; subsistemas La Bocana y Punta Abreojos y 6) Sistema Bahía Tortugas. En general las rutas que se siguen para dar lectura a los medidores del servicio de agua por usuario son muy simplificadas, debido a que se trata de localidades de baja densidad poblacional.

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.
[2] Departamento de Economía de la Universidad Autonoma de Baja California Sur.
[3] Facultad de Ciencias - U de la R Montevideo - Uruguay.

VI.2 Actividades económicas de las localidades de la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno.
A continuación, se describen las actividades económicas preponderantes de las localidades en estudio, de acuerdo a los datos ofrecidos por INEGI (1990-1995) y SEMARNAP (2000

VI.2.1 Santa Rosalía; esta localidad aparte de ser la cabecera municipal, concentra la mayor población urbana del municipio (aproximadamente 15 mil habitantes); hasta 1980 su actividad económica preponderante fue la minería de cobre. Actualmente dentro del sector primario desarrolla la actividad pesquera, dentro del sector secundario minería en menor escala e industria de transformación y en el sector terciario servicios gubernamentales y turismo. Cabe señalar que esta localidad engloba a las comunidades rurales de Santa Águeda, San Bruno, Palo Verde, San José de Magdalena y San Lucas; las cuales en su mayoría desarrollan como actividades económicas de pesca, agricultura y ganadería extensiva.

VI.2.2 Guerrero Negro; (aproximadamente 5 mil habitantes); es la segunda localidad en población urbana del municipio, este pueblo nació prácticamente con la minería de producción de sal; y a través de los años ha ido practicando diversas actividades, entre las que destacan, dentro del sector primario; la pesca, dentro del sector secundario minería e industria de transformación; y en el sector terciario servicios gubernamentales y últimamente turismo de naturaleza.

VI.2.3 San Ignacio*;* en esta localidad dentro del sector primario desarrollan la pesca y actividades agropecuarias, y en el sector terciario escasos servicios gubernamentales y últimamente turismo rural y de naturaleza. Esta localidad cuenta con aproximadamente mil habitantes.

VI.2.4 Villa Alberto Alvarado*;* esta localidad fue creada con la apertura de tierras agrícolas, prácticamente al servicio de transnacionales; dentro del sector primario desarrollan actividades agropecuarias tanto intensivas como extensivas, y en el sector terciario escasos servicios gubernamentales. Esta localidad posee poco más de mil 500 habitantes.

VI.2.5 Bahía Asunción*;* es una localidad exclusivamente pesquera, creándose con la formación de cooperativas pesqueras de mediados del siglo pasado, es un ejemplo de las localidades pesqueras del Pacifico norte del estado, esta entidad engloba a las comunidades pesqueras de La Bocana y Punta Abreojos. Aproximadamente poco más de mil habitantes.

VI.2.6 Bahía Tortugas*;* es una localidad exclusivamente pesquera, otra de las localidades pesqueras del Pacifico norte del estado. Aproximadamente 1500 habitantes.

Las tablas siguientes ofrecen información sobre las tomas que existen en cada sistema de acuerdo al tipo de usuario y a la existencia e inexistencia de medidores.

Tabla 1. Número de tomas del 2002 por sistema

Sistema	Domésticas		Comerciales		Industriales		Sin Uso	Total
	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med		
Santa Rosalía	2,265	1,002	110	25	31	5	449	3,887
Guerrero Negro	591	2,136	112	20	16	19	145	3,039
San Ignacio	387	76	22	2	4	1	54	546
Villa Alberto A.	88	982	1	51	0	0	33	1,155
Bahía Asunción	171	212	17	4	4	0	130	538
Bahía Tortugas	750	0	22	0	5	0	249	1,026
Totales	4,252	4,408	284	102	60	25	1,060	10,191

Tabla 2. Número de tomas del 2003 por sistema

Sistema	Domésticas		Comerciales		Industriales		Sin Uso	Total
	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med		
Santa Rosalía	2,265	1,002	110	25	31	5	449	3,887
Guerrero Negro	591	2,136	112	20	16	19	145	3,039
San Ignacio	387	76	22	2	4	1	54	546
Villa Alberto A.	88	982	1	51	0	0	33	1,155
Bahía Asunción	171	212	17	4	4	0	130	538
Bahía Tortugas	750	0	22	0	5	0	249	1,026
Totales	4,252	4,408	284	102	60	25	1,060	10,191

Tabla 3. Número de tomas del 2004 por sistema

Sistema	Domésticas		Comerciales		Industriales		Sin Uso	Total
	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med		
Santa Rosalía	2,212	1,024	124	26	33	6	564	3,989
Guerrero Negro	568	2,253	110	24	17	18	280	3,270
San Ignacio	307	157	14	11	2	2	57	550
Villa Alberto A.	88	1,025	1	60	0	0	117	1,291
Bahía Asunción	167	234	17	6	4	0	118	546
Bahía Tortugas	756	0	16	0	4	0	253	1,029
Totales =>	4,098	4,693	282	127	60	26	1,389	10,675

Tabla 4. Número de tomas del 2005 por sistema

Sistema	Domésticas		Comerciales		Industriales		Sin Uso	Total
	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med	C/Med	S/Med		
Santa Rosalía	2,160	1,384	144	27	30	7	719	4,471
Guerrero Negro	562	2,311	107	26	17	19	316	3,358
San Ignacio	267	198	10	10	5	3	61	554
Villa Alberto A.	88	1,094	1	57	0	0	94	1,334
Bahía Asunción	159	242	17	7	4	0	122	551
Bahía Tortugas	789	0	18	0	4	0	224	1,035
Totales	4,025	5,229	297	127	60	29	1,536	11,303

Como se puede apreciar en las tablas el número total de tomas solo para la localidad de Santa Rosalía fue incrementándose año con año. Se puede observar como en la localidad de Villa Alberto Alvarado las tomas sin medidor predominan, principalmente para los usuarios de tipo domestico casi en un 100%. Asimismo, en Villa Alberto Alvarado se observa que no existe ninguna toma registrada para uso industrial, es importante mencionar que esta última localidad tienen un componente agropecuario notable entre sus actividades económicas y que dicho componente utiliza pozos de agua exclusivos para ese rubro y son registrados directamente en la CNA, con una concesión especial acorde a un consumo y una tarifa determinados. También, es interesante notar que en la localidad de Bahía Tortugas no existe ninguna toma sin medidor, para todos los tipos de usuarios; éste hecho muestra una formalidad y un orden ejemplar para los demás sistemas.

Considerando los totales por tomas de todos los sistemas, durante los cuatro años de datos; en promedio, poco más del 10% de las tomas están sin uso, incluso para las localidades como Santa Rosalía, donde, hubo un incremento constante de tomas anualmente. Se pude observar que para el 2005, en Guerrero Negro, existe mayor número de tomas de uso industrial sin medidor, este dato supone que estas industrias están pagando el recurso agua que usan en sus actividades a costo de tarifa mínima.

Como es de esperarse en la Figura 18 se nota que Santa Rosalía, que es la localidad con mayor número de habitantes posee mayor número de tomas para los tres tipos de uso; seguida por las localidades de mayor población y por ende mas actividades como lo son Guerrero Negro y Bahía Tortugas.

VI.3 Volúmenes de Agua Medidos

Para objeto del presente análisis se contó con la información correspondiente a los volúmenes de agua medidos y la toma de agua en uso para cada una de las localidades que forman parte de la Reserva, durante los años del 2002 a julio del 2005. De esta manera se analizó la posible relación que existe entre el número de tomas instaladas (con el propósito de medir los volúmenes de consumo de agua) y la cantidad de agua consumida, si se cuenta con una mayor cantidad de medidores instalados con el propósito de estimar los volúmenes de consumo, será mayor el volumen de agua medido y a su vez el agua consumida. Esta hipótesis se sustenta en el hecho de que no en todos los hogares se cuenta con el medidor correspondiente, pero si con la toma instalada (esta situación se analizara en el apartado siguiente). El análisis de esta información se muestra en las siguientes Figuras:

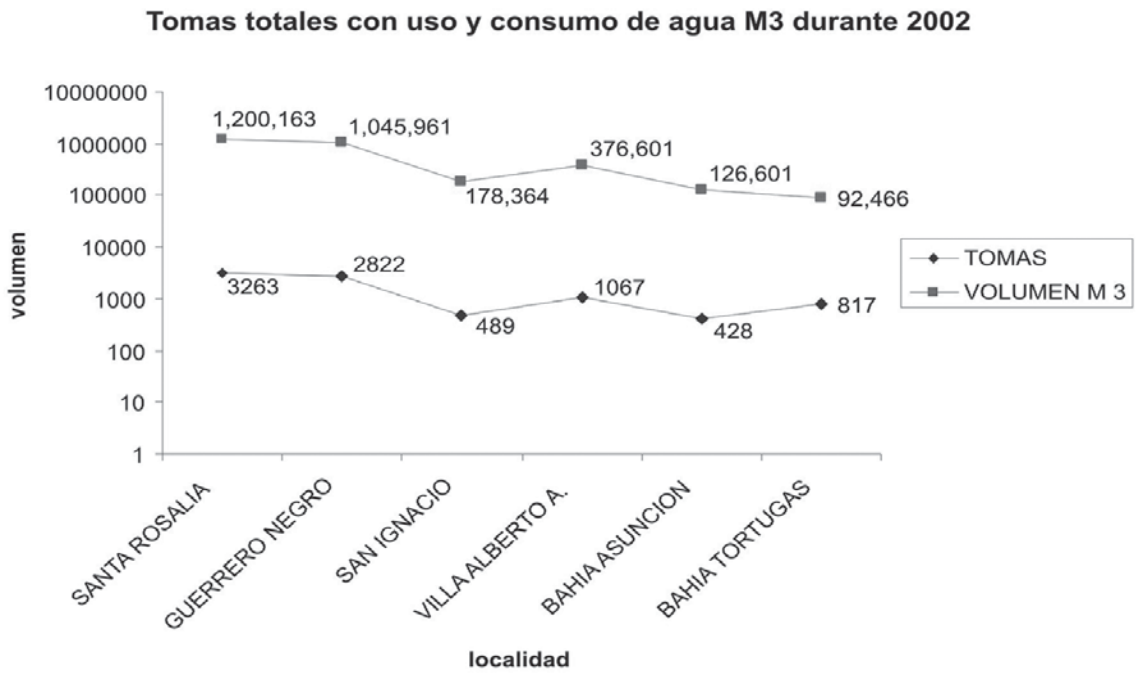


Figura 1. Tomas totales con uso y consumo de agua (m^3) 2002

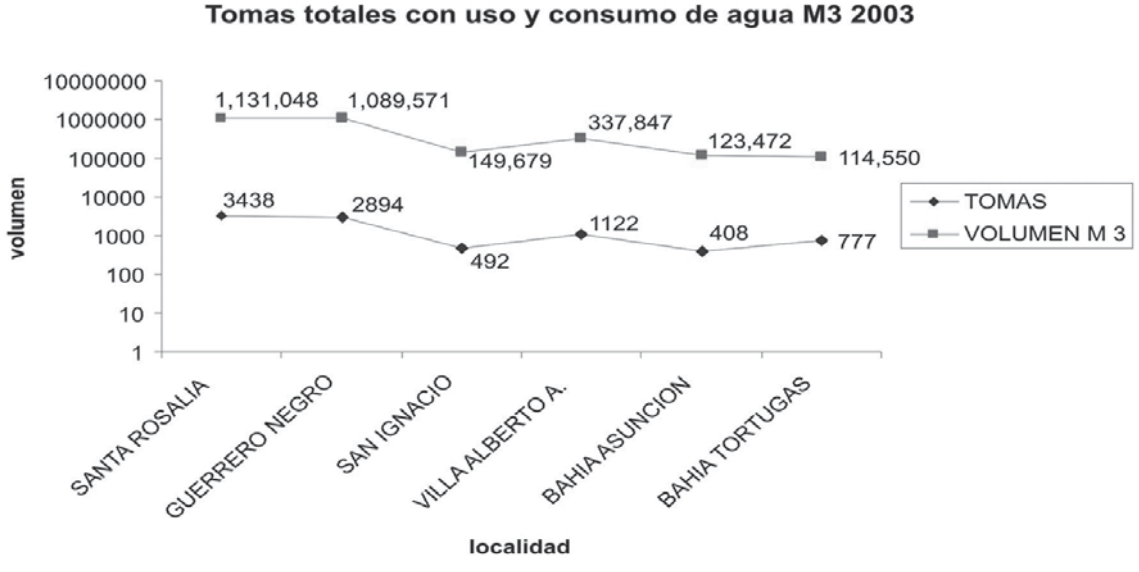


Figura 2. Tomas totales con uso y consumo de agua (m^3) 2003

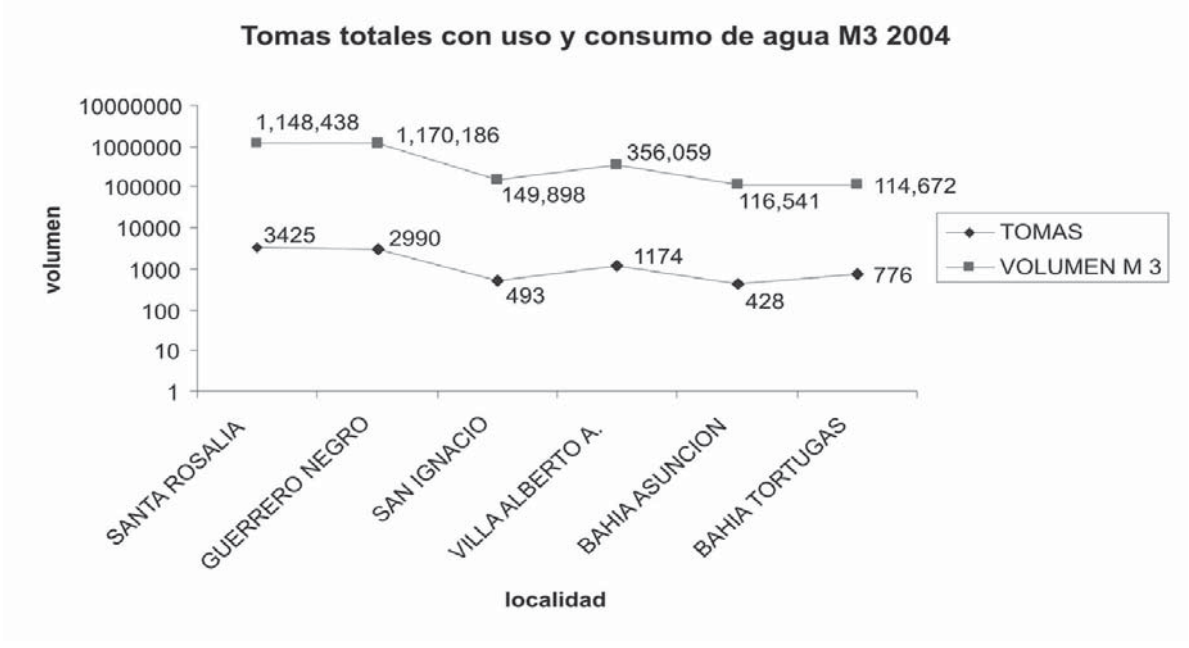


Figura 3. Tomas totales con uso y consumo de agua (m^3) 2004

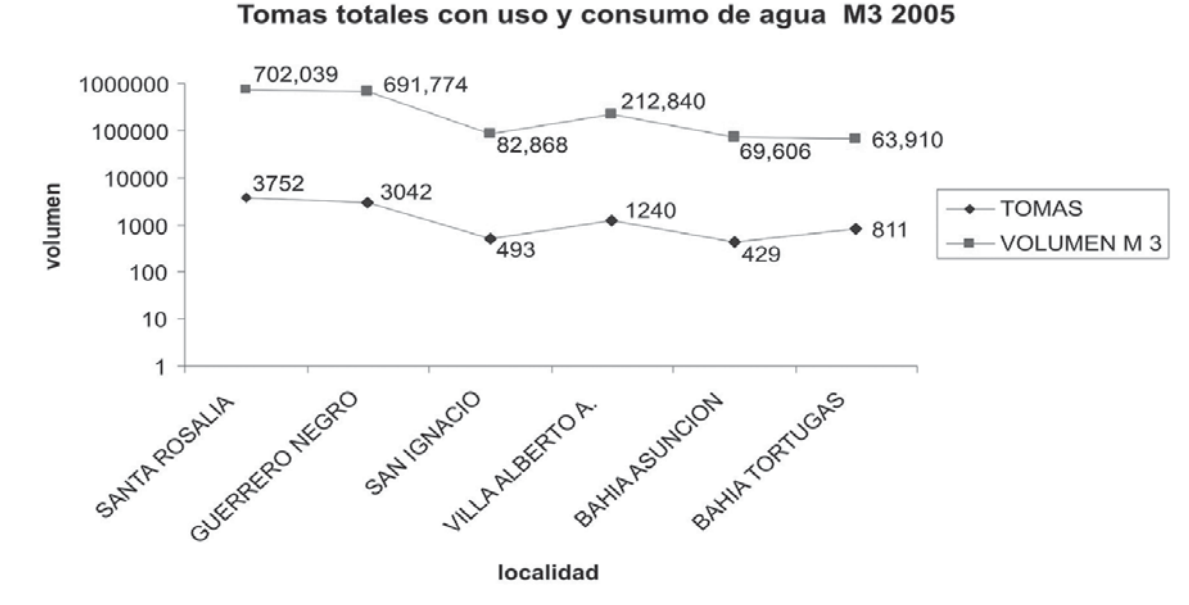


Figura 4. Tomas totales con uso y consumo de agua (m^3) 2005

Para cada uno de los años analizados se puede observar un comportamiento muy similar en cada una de las Figuras, ya que se puede apreciar la misma tendencia en cuanto a su evolución. Estos resultados nos llevan a comprobar la hipótesis planteada, que a una mayor cantidad de tomas instaladas, aumentara el consumo de agua, es decir si se cuenta con un mayor número de tomas o medidores, aumenta el consumo de agua y viceversa, si se cuenta con un menor número de tomas instaladas disminuye el consumo de agua, los ejemplos anteriores nos ayudan a comprobar esta hipótesis.

Esta relación entre el número de medidores o tomas instalados y la cantidad de agua consumida, no debe de ser extraña, ya que si se cuenta con un mayor número de medidores que registren el gasto de agua, se podrá monitorear mejor el consumo de agua que realiza la población. Hipotéticamente el número de tomas instaladas deben de reflejar el consumo total al que es sometido el recurso, ya que las tomas son todos aquellos medidores que se instalan en cada una de las rutas con el objetivo de registrar el consumo de agua, y al realizar un recorrido en cada una de estas, se monitorean todos los medidores, y así se puede llegar a calcular un aproximado del consumo de agua que realiza cada hogar. Sin Embargo en la práctica esto no sucede, ya que existen diferentes causas gracias a las cuales la cantidad de consumo de agua, que se debería reflejar de manera total en las Figuras analizadas con anterioridad, no se refleja, es decir de la cantidad total de m^3 que aparecen en el consumo de agua en una localidad en un mes en particular, una parte de esos m^3 es anotada de manera real y la otra parte simplemente es una estimación aproximada a la que se le conoce en el Sistema de Agua Potable, con el nombre de promedio. Este hecho no debería ser significativo, de no ser por que aproximadamente el 50% del consumo total presenta un monitoreo real y el otro 50% representa esta estimación a la que hacemos referencia.

Este promedio surge gracias al hecho de que la mayoría de los medidores de agua en la ciudad se encuentran dentro de los hogares, esto dificulta el acceso a ellos ya que al realizar el recorrido por un ruta de lectura muchos hogares pueden encontrarse cerrados por diversos motivos (todas los motivos se encuentran en el mapa de rutas de lectura), y la persona que realiza el recorrido no puede tener acceso al medidor, razón por la cual se le aplica el ya citado promedio, que es el cálculo aproximado del consumo de agua derivado de los últimos tres meses de consumo, en base a este cálculo se le aplica un consumo que en realidad no fue medido y que por lo tanto carece de confiabilidad. Es interesante notar que Bahía Asunción, que presento durante los cuatros años de datos, menor número de tomas instaladas sea el penúltimo en cantidad de consumo en m^3 de agua por año. Cuando debería ser el de más bajo consumo.

VI.4 Tomas Medidas y Promediadas

Como parte del análisis, se realizo un promedio del volumen medido y el volumen estimado, es decir el volumen total que se consume en las localidades de estudio; para los años que se tienen datos. Por lo tanto desde el 2002 a lo que va del 2005 se conoció la cantidad del consumo

real que aparentemente se registra a través del medidor y la cantidad que corresponde a la estimación aproximada del promedio, los resultados de este análisis lo podemos apreciar en las siguientes figuras, estas figuras muestran los consumos, por lo tanto las cantidades en el consumo de agua, realmente medidos y no medidos.

En la Figura 5 se aprecia un promedio del volumen total consumido por localidad durante el 2002 a lo que va del 2005, por todos los tipos de usuarios; un volumen promedio del consumo medido por localidad y un volumen promedio del consumo estimado por localidad para las mismas fechas. Como era de esperarse, para la ciudad de Santa Rosalía se observa un mayor consumo total, medido y estimado.

Para las localidades de Guerrero Negro, Villa Alberto Alvarado y San Ignacio, las cifras del valor estimado superan las cifras del consumo medido; y en algunos casos como en San Ignacio el volumen promedio total, esto es básicamente el reflejo de la inexistencia de medidores por lo que el consumo real es subvalorado. Como se puede observar en Bahía Tortugas el consumo estimado es inexistente porque es esta localidad todo consumo es medido.

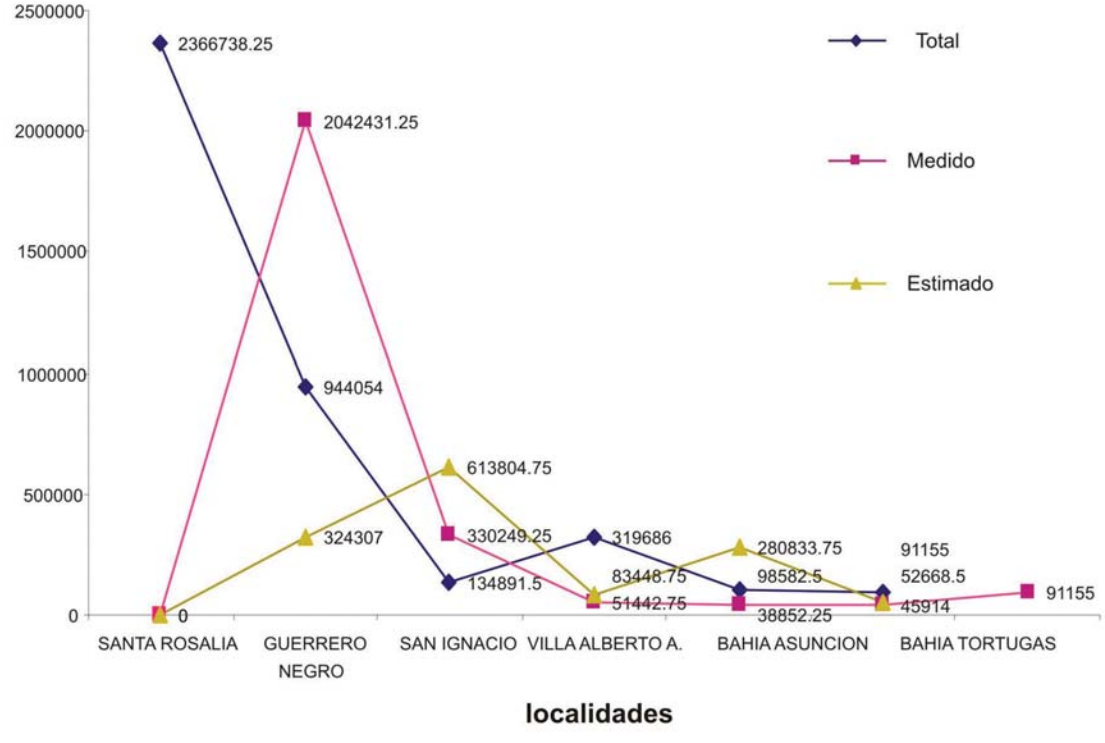


Figura 5. Volumen (m^3) promedio total medido y estimado de todas las localidades durante 2002-2005

Observando las Figuras podemos apreciar, exceptuando a la localidad de Bahía Tortugas, localidad en la que no hay ningún uso medido, en general en todas las localidades el consumo

estimado varia del 6 al 96% para los diferentes usuarios. En promedio el 45.2 % del total de tomas instaladas en todas las rutas de lectura se encuentran promediadas, y el porcentaje restante de tomas corresponde a lo que realmente se mide. Este hecho pone en duda la confiabilidad en los datos de las cantidades en los consumos reales del agua, ya que las Figuras lo que reflejan es la efectividad en la medición del consumo (Ver figuras de la 6-18).

Los factores que se consideran las causas por las que se tienen que estimar los consumos del recursos son entre otros, a que por diversas razones no se puede tener acceso a las tomas instaladas, no existan medidores en las tomas, los medidores estén pegados, terreno

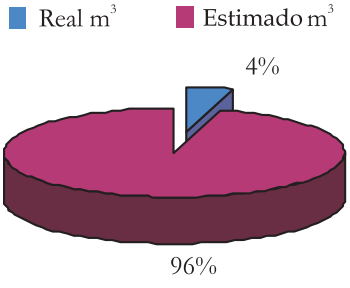


Fig.6 Volumen de agua m^3 real y estimado, uso comercial, Villa Alberto A. (2002-05)

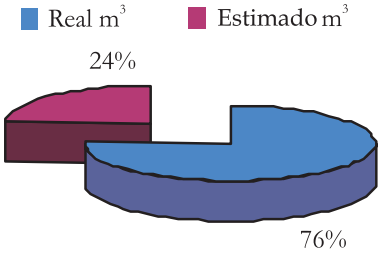


Fig.7 Volumen de agua m^3 real y estimado, uso comercial, Santa Rosalía (2002-05)

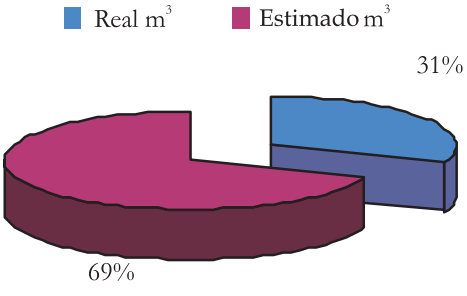


Fig.8 Volumen de agua m^3 real y estimado, uso comercial, Guerrero Negro (2002-05)

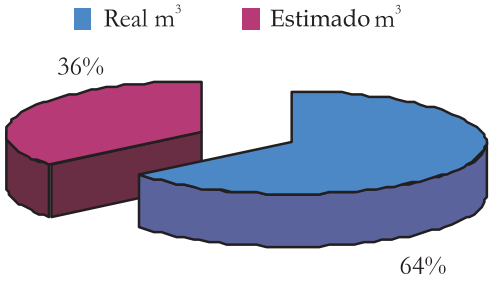


Fig.9 Volumen de agua m^3 real y estimado, uso comercial, San Ignacio (2002-05)

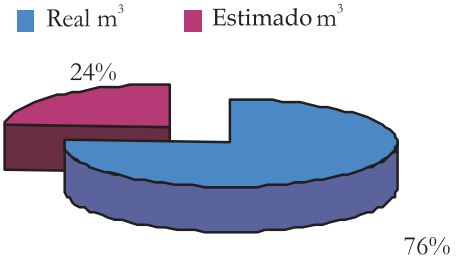


Fig.10 Volumen de agua m^3 real y estimado, uso comercial, Guerrero Negro (2002-05)

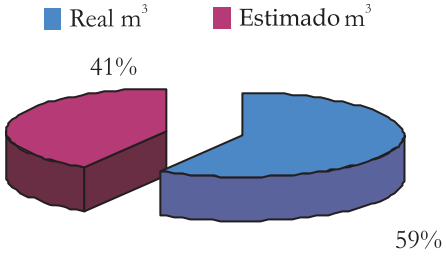


Fig.11 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Guerrero Negro (2002-05)

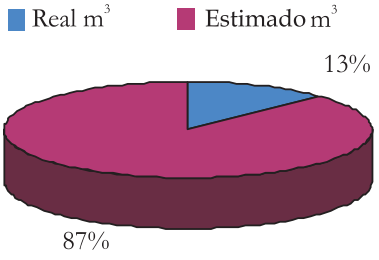


Fig.12 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Villa Alberto A. (2002-05)

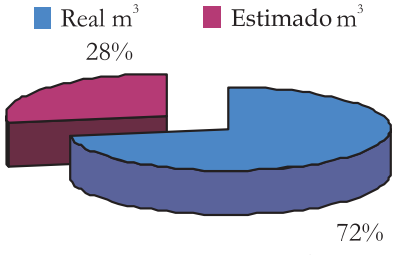


Fig.13 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Bahía Asunción (2002-05)

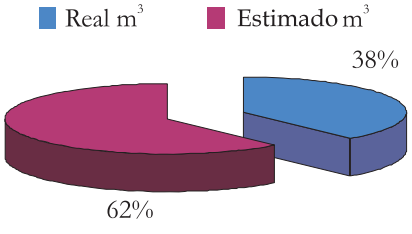


Fig.14 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Bahía Asunción (2002-05)

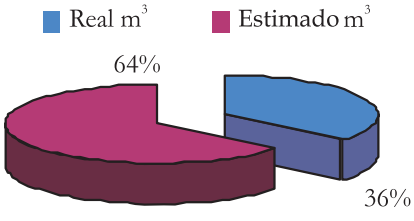


Fig.15 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, San Ignacio (2002-05)

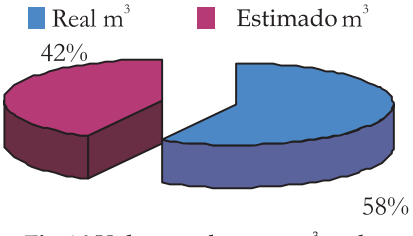


Fig.16 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, San Ignacio (2002-05)

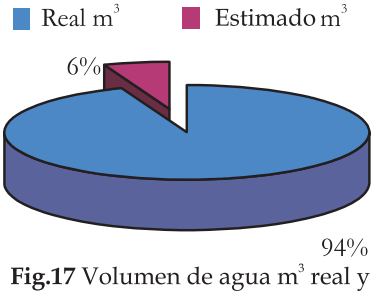


Fig.17 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Bahía Asunción (2002-05)

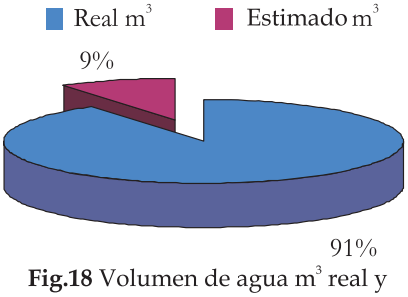


Fig.18 Volumen de agua m³ real y estimado, uso comercial, Santa Rosalía (2002-05)

baldío, vidrio opaco en el medidor, medidor destruido, medidor al revés, medidor obstruido, no existe medidor, medidor limitado, perro bravo, casa sola, deshabitado o el medidor tiene candado.

Con lo analizado hasta el momento se puede concluir, que obviamente se necesita mejorar mucho la eficiencia en la medición del consumo, debido a que no se mide realmente el consumo del recurso dentro de las localidades de la Reserva, y por lo tanto mas de la mitad del consumo del agua es solamente un aproximado y no corresponde una medición real, lo cual podría acarrear presunciones respecto al manejo adecuado del recurso.

VI.5 Cantidades de consumo por tipo de uso

Hasta el momento hemos analizado la relación que existe entre el número de tomas instaladas en cada localidad y el consumo de estas, así como la eficiencia en la medición alcanzada

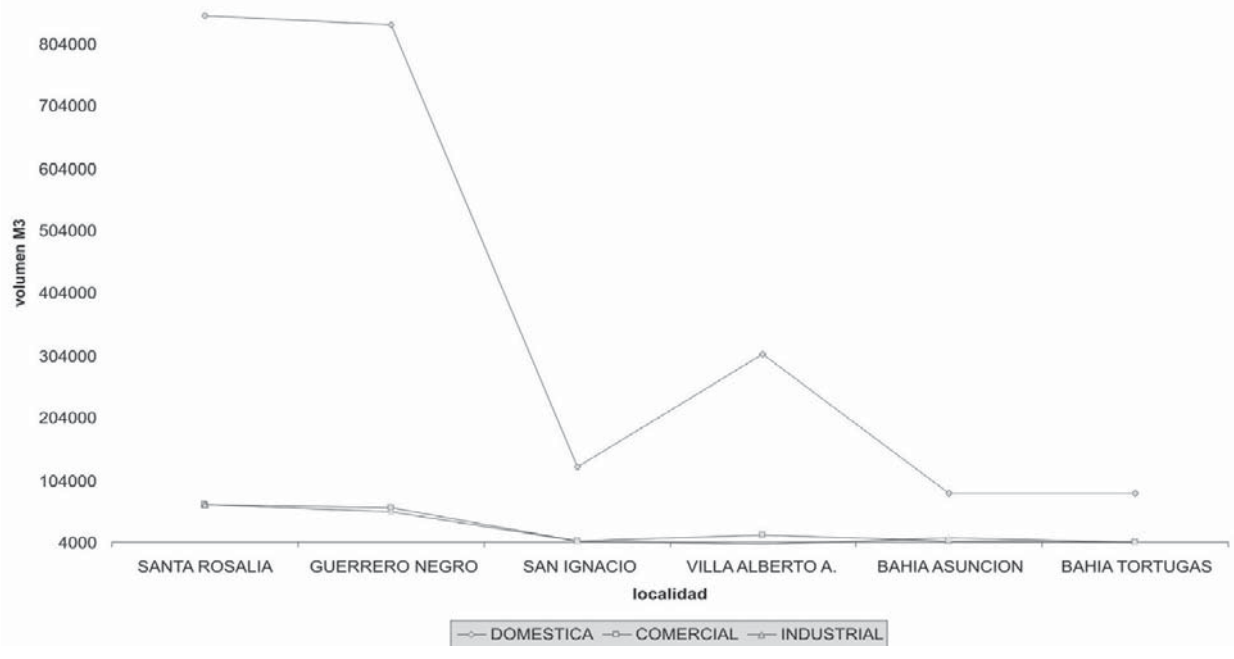


Figura 19. Consumo de agua promedio por tipo de usuario por localidad (2002-2005)

en estas localidades, ahora analizaremos lo correspondiente a la cantidad de consumo del recurso por parte de la población de cada localidad estudiada, esto de acuerdo al tipo de uso que se le da al agua, ya sea domestico, comercial, e industrial, en la Figura siguiente se analiza este aspecto durante los años del 2002 al 2005 en promedio por tipo de usuario por localidad.

En la Figura 19, se puede apreciar como el consumo de agua del tipo domestico es el que representa el mayor gasto de agua durante todo el año, siguiéndole en importancia el consumo de tipo comercial y al final el correspondiente al tipo industrial. Existe gran diferencia en el consumo de los m^3 de los usuarios del tipo domestico y los otros dos tipos uso, en la Figura se aprecia como el menor consumo de los usuarios de tipo domestico se presenta en las

localidades de San Ignacio, Bahía Asunción y Bahía Tortugas. Es interesante observar como en las localidades de mayor número de habitantes se consume mayor volumen de agua de tipo domestico, y como el consumo de este recurso para los usuarios de tipo comercial e industrial no se incrementa de manera proporcional para las dos ciudades más pobladas (Santa Rosalía y Guerrero Negro). De la misma manera se puede notar que tanto Santa Rosalía como Guerrero Negro presentan un consumo similar para sus usuarios de tipo comercial e industrial, sin embargo Santa Rosalía posee tres veces más habitantes que Guerrero Negro. En otras palabras, una ciudad menos poblada, como lo es Guerrero Negro comparada con Santa Rosalía tiene los mismos requerimientos del recurso entre los usuarios de servicios e industriales.

Tabla 5 Cantidad de consumo por tipo de servicio en el año 2002 por Sistema Fuente: SAPA Mulegé

Sistema	Doméstica	Comercial	Industrial	Total
				m^3
Santa Rosalía	1,009,989	63,559	61,676	1,135,224
Guerrero Negro	894,459	51,206	48,737	994,402
San Ignacio	163,101	6,976	3,899	173,976
Villa Alberto A.	359,093	16,441	0	375,534
Bahía Asunción	93,461	5,850	13,431	112,742
Bahía Tortugas	77,864	5,653	4,066	87,583
Totales	2,597,967	149,685	131,809	2,879,461

Tabla 6 Cantidad de consumo por tipo de servicio en el año 2003 por Sistema Fuente: SAPA Mulegé

Sistema	Doméstica	Comercial	Industrial	Total
				m^3
Santa Rosalía	902,323	79,175	73,056	1,054,554
Guerrero Negro	903,258	71,293	56,063	1,030,614

San Ignacio	131,750	6,813	5,312	143,875
Villa Alberto A.	321,397	15,328	0	336,725
Bahía Asunción	92,605	7,121	11,669	111,395
Bahia Tortugas	99,469	4,688	4,808	108,965
Totales	2,450,802	184,418	150,908	2,786,128

Tabla 7 Cantidad de consumo por tipo de servicio en el año 2004 por Sistema Fuente: SAPA Mulegé

Sistema	Doméstica	Comercial	Industrial	Total
				m^3
Santa Rosalía	912,810	68,819	81,692	1,063,321
Guerrero Negro	963,712	71,364	66,060	1,101,136
San Ignacio	131,933	6,196	5,638	143,767
Villa Alberto A.	337,285	17,600	0	354,885
Bahía Asunción	89,454	5,725	10,467	105,646
Bahia Tortugas	99,804	3,058	5,517	108,379
Totales	2,534,998	172,762	169,374	2,877,134

Tabla 8 Cantidad de consumo por tipo de servicio en el año 2005 (hasta julio) por Sistema Fuente: SAPA Mulegé

Sistema	Doméstica	Comercial	Industrial	Total
				m^3
Santa Rosalía	567,939	45,060	42,644	655,643
Guerrero Negro	568,234	43,162	38,668	650,064

San Ignacio	69,903	3,618	4,427	77,948
Villa Alberto A.	201,275	10,325	0	211,600
Bahía Asunción	52,542	3,487	6,574	62,603
Bahia Tortugas	54,814	1,473	3,406	59,693
Totales	1,514,707	107,125	95,719	1,717,551

En las tablas 5, 6, 7, y 8, se observa como en las seis localidades presentan un consumo de agua del tipo domestico de aproximadamente un 90%, en promedio para los años con datos. Como se observa el consumo total es muy similar durante todos los años, el dato más diferente corresponde al 2005, año para el cual, solo se ofrecen datos hasta el mes de julio. Para el año 2002, Santa Rosalía presenta un consumo de casi el 50% de la cifra total; al ser la localidad más poblada, además de albergar cinco subsistemas, es decir cinco comunidades rurales. En esta localidad, incluyendo a sus subsistemas, se desarrollan prácticamente todas las actividades económicas observadas en el municipio: dentro del sector primario la actividad pesquera, dentro del sector secundario minería en menor escala e industria de transformación y en el sector terciario servicios gubernamentales y turismo. Las comunidades rurales que engloba desarrollan actividades pesqueras, agricultura, ganadería extensiva y turismo rural o de baja escala en sus playas.

Para el 2003, Santa Rosalía y Guerrero Negro están consumiendo casi el mismo volumen, entre ambas localidades consumen poco más del 70% de la cifra total, con más de un millón de m^3 cada una. El 30% restante se reparte en las cuatro localidades.

Para el 2004, Guerrero Negro supera el consumo de agua a Santa Rosalía, sigue ambas localidades consumiendo más del 70% de la cifra total. Guerrero Negro, aunque posee menos número de habitantes que Santa Rosalía, es una localidad muy dinámica, donde, dentro de las actividades que desarrolla, destacan dentro del sector primario; la pesca, dentro del sector secundario minería e industria de transformación; y en el sector terciario servicios gubernamentales y últimamente turismo de naturaleza. En esta localidad no se registran actividades agropecuarias.

De las cuatro localidades restantes; Bahía tortugas y Bahía Asunción son exclusivamente pesqueras; San Ignacio y Villa Alberto Alvarado son principalmente agropecuarias y de servicios. Se podría considerar que estas cuatro localidades no desarrollan actividades tan diversificadas como las dos localidades de consumo mayor dentro del municipio que son: Santa Rosalía y Guerrero Negro.

Es interesante mencionar que durante todos los años de datos no se registra para la localidad de Villa Alberto Alvarado ningún consumo de tipo industrial. Sin embargo, en esta localidad se realizan actividades agropecuarias, que utilizan pozos de agua exclusivos para ese rubro y son registrados directamente en la CNA, con una concesión especial acorde a un consumo y una tarifa determinados.

Capítulo VII

Eficiencia Económica en el Contexto de la Provisión de Agua Bajo Precios Competitivos y de Monopolio. Un Análisis Teórico para las Comunidades Costeras de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, B.C.S. México

Marco Antonio Almendarez Hernández[1], Luis Armando Jaramillo-Mosqueira[2], Luis Felipe Beltrán Morales[1], Gerzaín Avilés Polanco[1]

VII.1

El concepto de eficiencia económica en el contexto del manejo integral de los recursos hídricos cobra especial relevancia puesto que este último se enfrenta a dos grandes objetivos, a decir, el social y los costos de oportunidad. El primero, permite resolver conflictos cuando existe escasez por el agua y una creciente competencia entre los usuarios. El segundo, hace referencia a la evaluación de un conjunto de alternativas de un mismo objetivo.

El concepto de eficiencia dentro de la literatura económica recibe el nombre de eficiencia en el sentido de Pareto en honor al fundador de este concepto, quien fue el economista y sociólogo italiano, Wilfredo Pareto. Ésta se alcanza cuando no es posible mejorar el bienestar de alguien sin empeorar el de ninguna otra.

Entre consumidores y productores ocurre la eficiencia económica en términos de producción, cuando la disposición a pagar (vender) una unidad adicional (por ejemplo, 1 m^3 de agua) es igual al costo marginal de producirla y proveerla. Esta condición da lugar a que no exista posibilidad alguna de reasignación de recursos. Bajo esta condición, no existen posibilidades de ganancias o pérdidas para los consumidores o productores.

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S C, Programa de Planeación Ambiental y Conservación
[2] Departamento de Estadística, Econometría y Geomática del Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT)

El análisis costo-beneficio es utilizado para analizar si una determinada decisión cumple con el principio de eficiencia de Pareto y, con ello, encontrar si ocurre una asignación eficiente de los recursos hídricos.

VII.1.1. Mercado competitivo

Un mercado competitivo es la situación ideal que se persigue para alcanzar la eficiencia en el sentido de Pareto. En un mercado competitivo se basa en los siguientes supuestos: 1) Existen muchos consumidores y son tomadores de precios, responden al mismo precio y lo conocen; 2) La empresas son aceptantes de precios ya que, no influyen en el precio y, por lo tanto, venden la cantidad producida al precio de mercado vigente; 3) Las empresas entran y salen libremente del mercado en relación a los beneficios que generen; 4) Los productos que venden las empresas en el mercado reúnen las mismas características, es decir, son homogéneos; 5) Las empresas y los consumidores tienen pleno conocimiento (información simétrica) sobre los precios de los productos de cada empresa.

Para que exista un equilibrio competitivo en el mercado del agua se deben de cumplir las siguientes condiciones:

1) La maximización del beneficio:

$$Max\ p^{com} y_j$$

$$y_i \in Y_i$$

Donde p^{com} es el precio competitivo e y_j es un vector de producción de la empresa j.

2) La maximización de la utilidad:

$$Max\ u_i x_i$$

s.a. $p^{com} x_i \leq \sum_{j=1}^{J} p^{com} y^{com}$

Donde x_i es una canasta de consumo del consumidor i.

3) Sea $a \in x$ e $q \in y$

El mercado se vacía cuando,

$$\sum_{i=1}^{I} a_i = \sum_{j=1}^{J} q_j$$

Donde a es el consumo de agua y q la producción de agua.

Para que la empresa obtenga el nivel de producción de equilibrio debe resolver el siguiente planteamiento de maximización:

$$Max\ p^{com} q - cq$$

$$q \geq 0$$

Si diferenciamos la función de ingresos (miembro izquierdo) y la función de costos (miembro derecho) obtenemos las condiciones de primer orden:

$$p^{com} \leq c'(q^{com}) \text{ si } q^{com} > 0 \quad (1)$$

Esta condición significa que el beneficio marginal de vender una unidad adicional de agua, p^{com}, es igual a su costo marginal $c'(q^{com})$.
Por el lado del consumidor si la función de utilidad es:

$$u(a) = \phi a$$

para obtener el consumo de equilibrio se debe resolver:

$$Max\ \phi(a)$$
$$a \in R_{+}$$

$$\text{s.a.} \quad p^{com} a_i \leq \sum_{j=1}^{J} \left(p^{com} q_j{}^{com} - c_j(q_j{}^{com}) \right)$$

Para obtener la canasta de consumo óptimo x_i debe resolver:

$$Max\ \phi a - p^{com} x_i + \sum_{j=1}^{J} \left(p^{com} q_j{}^{com} - c_j(q_j{}^{com}) \right)$$

Si diferenciamos para obtener las condiciones de primer orden,

$$\phi'(a^{com}) = p^{com} \text{ si } a^{com} > 0 \quad (2)$$

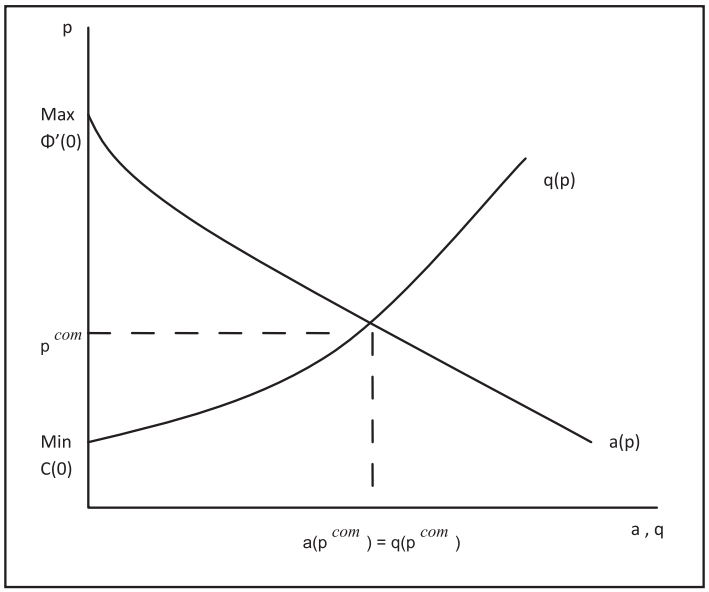
Esto quiere decir que, el beneficio marginal de consumir o pagar una unidad adicional de agua, $\phi'(a^{com})$, es igual a su costo marginal p^{com}.
Por lo tanto, el mercado se vacía donde,

$$\sum_{i=1}^{I} a_i = \sum_{j=1}^{J} q_j \quad (3)$$

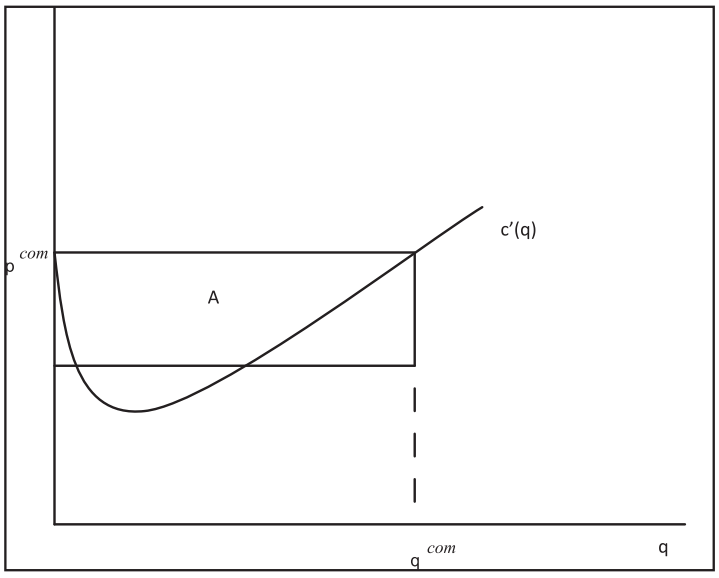
Una vez obtenidas las condiciones se pueden derivar las de demanda y oferta agregadas, las cuales son $a(p) = \sum_i a_i(p)$ y $q(p) = \sum_j q_j(p)$, respectivamente. La curva de oferta de la empresa competitiva se deriva de la curva de costo marginal. Cuando $q(p) = 0$ quiere decir que, $p \leq \min c'(0)$. Una vez aclarado lo anterior, el precio p^{com} de equilibrio competitivo del agua, se encuentra donde la demanda agregada es igual a la oferta agregada (véase gráfica 4.1.1).
Es importante hacer una aclaración antes de proceder a calcular los beneficios de la empresa.

La curva de demanda agregada es aquella que relaciona el precio con la cantidad total vendida por las empresas y la curva de demanda a la que se enfrenta la empresa es aquella que relaciona el precio con las ventas de una empresa determinada y es horizontal. Si la empresa decide incrementar el precio no venderá nada y si lo baja se enfrenta a la demanda del mercado, es decir, se encuentra en el contexto de la curva de demanda agregada.

De acuerdo a las condiciones 1 y 2 el precio en el nivel competitivo es igual al costo marginal y los beneficios de la empresa se obtienen restando los ingresos totales a los costos totales y está representado por el área del rectángulo A (véase gráfica 1)



Gráfica 1. El precio de equilibrio



Gráfica 2. Beneficios de la empresa

VII.1.2. Monopolio

Una vez hecha la introducción sobre la eficiencia en el sentido de Pareto en el nivel competitivo procederemos a analizarlo bajo el monopolio. Un monopolio se basa en los siguientes supuestos: 1) Existe una sola empresa en la industria que ofrece el bien, servicio o recurso; 2) No tiene sustitutos cercanos; 3) Existen barreras naturales o legales que impiden la entrada de nuevas empresas en la industria parar proteger a la empresa de la competencia; 4) El agua es un bien heterogéneo debido a que no es la misma en rubros como la localización, en un punto diferente en el tiempo, en la calidad, en la variabilidad/la incertidumbre.

En el servicio de agua potable sólo existe una empresa que lo ofrece, es un bien no sustituible, por lo tanto, el mercado está constituido por un monopolio. Además, en la industria del agua los individuos no conocen los precios en bloque, solo conocen la cantidad de que tienen que pagar al momento que conocen el recibo de pago. En este sentido, existe información asimétrica.

El planteamiento para obtener el nivel óptimo de precios para el agua en el que el monopolista maximiza los beneficios se expresa de la siguiente manera:

$$Max \;\; pa(p) - c(a(p)) \qquad (1)$$

donde $a(p)$ es la función de demanda.

Si el problema se establece en términos de la función inversa de demanda p*(·)* la solución que se obtiene es el nivel óptimo de producción que maximiza las ganancias del monopolista. El planteamiento para obtener el nivel óptimo de agua en el que el monopolista maximiza las ganancias se expresa de la siguiente manera:

$$Max \;\; p(q)q - c(q) \qquad (2)$$

$$q \geq 0$$

donde $p(q)$ es la función inversa de la demanda del mercado. Si hacemos $a = q$ para facilitar el planteamiento, entonces,

$$Max \;\; p(a)a - c(a) \qquad (3)$$

$$a \geq 0$$

Diferenciando la función del ingreso $p(a)a$ y la función de costos $c(a)$ obtenemos la condición de primer orden:

$$p'(a^*)a^* + p(a^*) \leq c'(a), \quad \text{si } a^* > 0. \qquad (4)$$

El miembro izquierdo es el ingreso marginal $\frac{dp(a)a}{dq} = IM$ y el derecho es el costo marginal $\frac{dc(a)}{d(a)} = CM$.

Por lo tanto, el monopolista obtiene la maximización de los beneficios donde:

$$p'(a^*)a^* + p(a^*) = c'(a) \quad (5)$$

Es decir, el IM es igual al CM y se encuentra donde se interceptan sus respectivas curvas (gráfica 4.1.3). En el nivel de producción a^* y el nivel de precios p^*, el monopolista maximiza los beneficios.

Obteniendo la condición de segundo orden diferenciando (5):

$$p''(a^*)a^* + p(a^*) < c''(a) \quad (6)$$

La maximización de los beneficios se satisface en el nivel de a^* siempre y cuando la tasa decreciente del *IM* sea menor que la tasa de crecimiento del *CM* y si el *CM* está disminuyendo es necesario que el IM disminuya a una tasa más rápida.

Sin embargo, la expresión (5) implica que $p(a^*) > c'(a^*)$, lo que significa que el precio es mayor que el costo marginal, por lo tanto, $a^* < a^{com}$, es decir, es menor la cantidad vendida que en el nivel competitivo. El monopolista no es eficiente en el sentido de pareto ($p^* \neq c'(a)$).

La diferencia entre las variaciones en el excedente del consumidor y del productor[2] son una medida útil para obtener el beneficio o el costo neto del monopolio y, de esta manera, saber la pérdida de eficiencia del monopolio. Las variaciones se muestran en la gráfica 4.1.3 cuando se pasa de p^* a p^{com}.

A y B es la variación del excedente del consumidor (*VEC*). Las dos áreas aumentan por las siguientes razones: 1) en A porque a un precio más bajo que p^* compran agua adicional y; 2) en B porque los compradores obtienen un excedente por el agua adicional vendida (véase gráfica 4.1.3). La *VEC* se obtiene resolviendo la siguiente integral definida:

$$A + B = \int_{p^{com}}^{p^*} \left[P(e) - p^*\right] de.$$[3]

[2] La variación del excedente de consumidor mide lo que los usuarios del agua tendrían que recibir como compensación por pasar de p^{com} a p^* y, la variación del excedente del productor mide lo que los concesionarios del servicio público de agua estarían dispuestos a pagar para fijar p^*.

[3] El área se obtiene de la siguiente manera:

$VEC(p^*) = \sum_{i=1}^{I} \phi(a_i(p^*)) - p^* a(p^*)$ Donde $\phi(a_i) = p(a)$, p^* es el precio efectivo que encara el consumidor (el de monopolio).

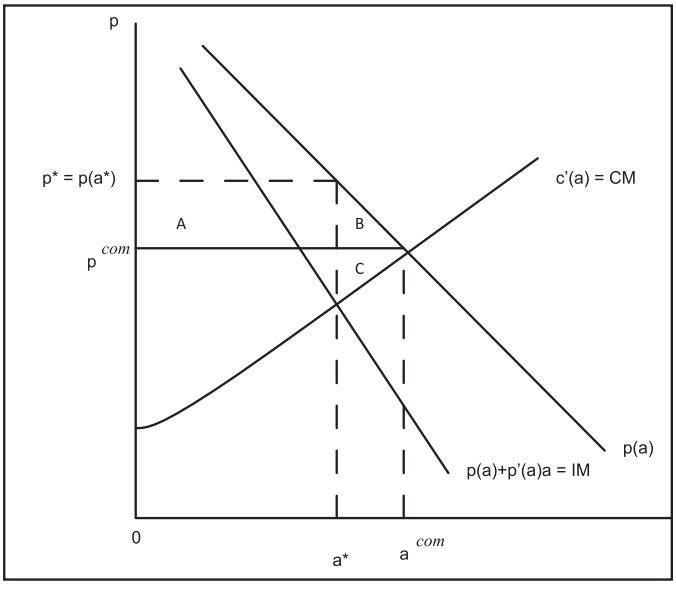
Integrando para expresar EC en el nivel de p*, señalamos EC(p*) en términos de una integral de la diferencia entre la función inversa de demanda por p* y p*,

Haciendo referencia al monopolista, el excedente disminuye en A porque cobra un precio más bajo por el agua que anteriormente vendía. En A mejora el bienestar del consumidor y el del productor empeora, ya que, hay una transferencia del segundo al primero. En C aumenta el excedente del productor por los beneficios que le genera el vendar agua adicional (véase gráfica 4.1.3).

Sin embargo, el área B + C representa el deterioro en el bienestar de los consumidores ocasionado por el monopolio. Los usuarios pagan p^* en vez de p^{com}. Esta situación se conoce como la existencia de la pérdida irrecuperable de eficiencia por parte del monopolio y se obtiene calculando la integral indefinida de B + C, medida conocida como el cambio en el excedente agregado Marshalliano:

$$B + C = \int_{a^*}^{a^{com}} \left[p(a) - c'(a) \right] da > 0.$$

Sin embargo, la empresa no puede producir en el nivel donde $p = c'(a)$ porque obtiene beneficios negativos debido a que no le alcanza para recuperar sus costos. Las pérdidas de este agente por fijar $p = c'(a)$ y se encuentran en el área D (véase gráfica 5).



Gráfica 3. El monopolio

VII.1.3. Variación compensatoria y equivalente

Otra forma de visualizar las variaciones en la utilidad del consumidor es analizar la función indirecta de utilidad de tal forma que evalué el impacto en la riqueza del individuo al pasar

---

$$VEC(p^*) = \int_{p^{com}}^{p^*} P(e)de - p^* a(p^*)$$

$$VEC(p^*) = \int_{p^{com}}^{p^*} \left[P(e) - p^* \right] de.$$

de p^{com} a p^*. Suponemos que el consumidor tiene preferencias racionales y continuas. La utilidad óptima del consumidor se puede obtener, a partir de la siguiente función indirecta de utilidad, dados los precios p y el ingreso w:

$$v(w,p) = \max_x \left[u(x); px \leq w\right]$$

Sea x los bienes agua a y gas g. Si consideramos a $e(\bar{p}, v(p,w)$ como la función de gasto para conseguir el nivel de riqueza que permita alcanzar el nivel de utilidad $v(p,w)$ cuando los precios son $\bar{p}$ [4]. En este sentido, una medida del cambio de bienestar estaría dada por la diferencia entre las restricciones presupuestarias $e(\bar{p}, v(p^*, w) - e(\bar{p}, v(p^{com}, w)$.

El cambio en la riqueza se puede expresar de la forma siguiente:

Sea $u^{com} = v(p^{com}, w)$ y $u^* = v(p^*, w)$

y

VC $(p^{com}, p^*, w) = e(p^* u^*) - e(p^* u^{com}) = w - e(p^* u^{com})$

VE $(p^{com}, p^*, m) = e(p^{com} u^*) - e(p^* u^*) = e(p^{com} u^*) - w$

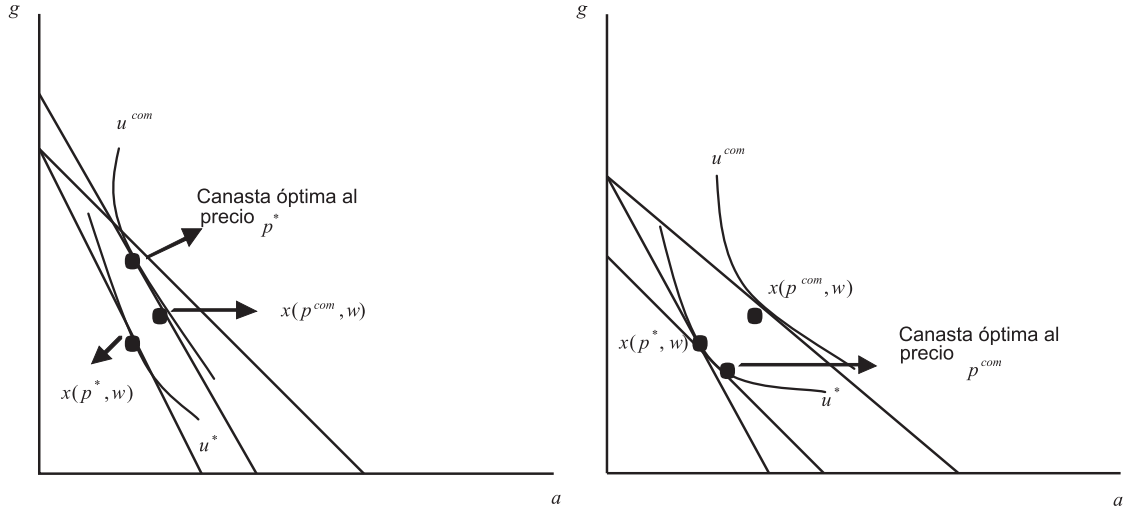
donde *VC* es la variación compensatoria y mide los pesos que tendría que dar el organismo operador al usuario para compensarlo por la variación en el precio y que regrese a su nivel de utilidad u^{com}. El nivel de riqueza $e(p^*, u^{com})$ es la cantidad que requiere el consumidor para regresar al nivel de utilidad u^{com}. El término $w - e(p^* u^{com})$, es el cambio neto en el ingreso que el concesionario debe compensar al usuario por el incremento de p^{com} a p^* y provocar que regrese a su utilidad original (véase gráfica 4.1.4).

Por otra parte, *VE* es la variación equivalente y mide el máximo ingreso que estaría dispuesto a pagar el consumidor para evitar el cambio en los precios. El nivel de riqueza $e(p^*, u^{com})$, es la cantidad que estaría dispuesto a pagar el usuario para evitar la subida de p^{com} a p^*. La expresión $e(p^{com} u^*) - w$, significa el cambio neto en la riqueza que le causa al usuario conseguir la utilidad al nivel de precios p^* (véase gráfica 4.1.4).

Se argumenta que el servicio público del agua es un sector que genera economías

[4] $e(\bar{p}, v(p,w)$ es una función creciente de $v(p,w)$ y $\bar{p}$ es un vector de precios arbitrario positivo.

de escala y de alcance y, por esta razón, pertenece a un monopolio natural (Jouravlev, 2001 y 2000; Solanes, 1999; CEPAL, 1997b y 1995). Existen estudios que muestran evidencia para países en desarrollado y economías en transición la presencia de economías de escala (Nauges y Van den Berg, 2007).

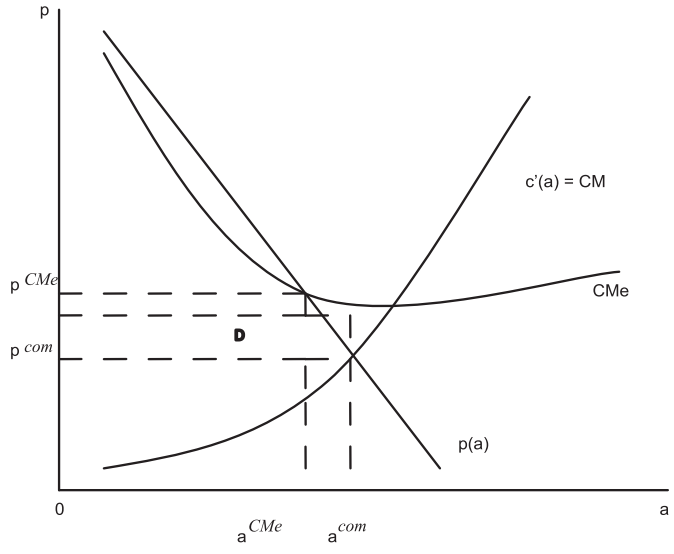


Gráfica 4. Variación compensatoria y equivalente

Partiendo de estas aseveraciones, se analizará el servicio de agua potable bajo la perspectiva del monopolio natural. Dado que el organismo operador no puede producir en $p = c'(a)$, porque sufre pérdidas, una alternativa para cubrir sus costos consiste en que $p = CMe$ [5].

La gráfica 4.1.5 muestra está igualdad en la intercepción de las curvas $p(a)$ y CMe e indica que el ente regulado o gestionado por el gobierno no requiere de ninguna subvención. La fijación del precio en este nivel por parte de las autoridades reguladoras del servicio público provoca que el organismo concesionario no lucre, es decir, ni gana ni pierde. Aunque, produce menos en comparación con el nivel de eficiencia.

[5] CMe son los costos medios y es igual a $\frac{AT}{CT}$ donde AT = Producción agregada de agua y CT = Costos agregados.



Gráfica 5. El monopolio natural y la eficiencia económica

Sin embargo, una empresa que sufre continuos déficit presupuestales, elegir la opción $p = CMe$, ni soluciona sus deudas, ni le permite dirigir financiamiento hacia la conservación del agua. Una de las alternativas más factibles es fijar el precio en donde IM = CM durante un determinado tiempo para sanear su déficit y destinar recursos a la conservación del agua. Los precios pueden incrementarse paulatinamente y obedecer a factores socioeconómicos.

VII.1.4 Valoración económica del agua. Un estudio de caso de las comunidades costeras de la Reserva de la Biósfera El Vizcaíno

En México y gran parte de los países de América Latina toman como parámetro geográfico de referencia la cuenca para gestionar los recursos hídricos (Dourojeanni, 2004; Dourojeanni y Jouravlev, 2002; CEPAL, 1999, 1997a y 1996b). En este sentido, el paradigma utilizado para gestionar el agua es el manejo del agua por cuencas hidrológicas.

En México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el organismo federal que interviene directamente en el manejo del agua. Entre los trabajos elaborados por dicha institución para abordar los problemas y aportar elementos que conduzcan a la gestión integral de los recursos hídricos, se encuentran, el *Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Maneadero, B.C* (CNA, 2002) y el *Manejo Sostenible del Agua y Ordenación Territorial del Estado de Querétaro* (CNA, 2003).

Como antecedente podemos mencionar que, el segundo trabajo contempla Áreas Naturales Protegidas (ANPs). La CONAGUA para alcanzar el objetivo primordial del manejo sostenible del agua, sitúa el estudio dentro de la política de ordenamiento territorial de la entidad. Bajo esta perspectiva, CONAGUA extiende el espacio territorial, es decir, no se circunscribe a la delimitación del acuífero[6]. Las ANPs involucradas en el estudio son Cerro

de las Campanas, El Cimatario y la Sierra la Gorda[7].

Los marcos conceptuales que buscan la gestión integral del agua recurren a instrumentos de manejo como aquellos basados en el mecanismo del mercado para gestionar el agua por el lado de la demanda. En México, en la época reciente, se han desarrollado trabajos sobre la valoración económica del agua a nivel urbano que han empleado el método de VC para estimar la disponibilidad a pagar por el mantenimiento del *status quo* y mejoramiento en la calidad del abastecimiento del servicio de agua potable (Soto y Bateman, 2006; Soto *et al*., 2003), y aquellos que buscan encontrar la función de demanda (García *et al*., 2006, Jaramillo 2005).

Como antecedente en México, dentro de una ANP, se encuentra el trabajo realizado por Del Ángel *et al*. (2009) sobre la valoración del servicio ambiental hidrológico en el municipio de San Andrés Tuxtla Veracruz. Si bien es cierto que existen estudios dentro de una ANP en donde determinan y comparan el valor forestal y valor recreativo de un bosque particular (Kido, 2004), aquellos que valoran una especie particular como la mariposa monarca (Romo 1999) y aquellos que valoran los servicios recreativos de una determinada área (Gándara 2006), son pocos los estudios que abordan la valoración del agua dentro de una ANP.

Es fundamental considerar dentro de la agenda pública mecanismos que guíen hacia una adecuada conservación del agua. Una alternativa importante a considerar es realizar estudios que contemplen la valoración económica del agua. Este tipo de trabajos proporciona a los tomadores de decisiones, información para que elaboren políticas e implementen acciones que, contribuyan a generar los recursos financieros que se requieren para mejorar la conservación del agua.

Uno de los objetivos finales que persigue este tipo de investigaciones es ofrecer a los tomadores de decisiones información cuantitativa pertinente sobre los recursos financieros que se pueden generar para establecer y elegir racionalmente medidas encaminadas a la conservación del agua, de tal forma que, no se altere la integridad de los ecosistemas y el desarrollo futuro de la sociedad en sus diversas vertientes. Entre este tipo de medidas se encuentran aquellas destinadas a la disminución de posibles pérdidas por fugas de agua, a la construcción de infraestructura para la retención de agua, tratar las aguas residuales o exploración de fuentes alternativas como la instalación de plantas desalinizadoras.

Por otra parte, los ingresos recaudados también se pueden destinar a subsanar rubros que cumplan el cometido de usar racionalmente el agua. Entre éstos se encuentran incrementar el número de medidores y reparar o sustituir los inoperantes, pagar vigilancia para que las personas no desperdicien el agua y fijar multas para evitar un inadecuado uso, solventar los costos de extracción, mantenimiento, almacenamiento, operación, distribución

[6] En el trabajo están contemplados seis acuíferos: Valle de Querétaro, Valle de San Juan del Río, Valle de Tequisquiapan, Valle de Buenavista, Valle de Amazcala, Valle de Huimilpan.

[7] De acuerdo a CONANP las dos primeras pertenecen a la clasificación de Parque Nacional y la última a la Reserva de la Biosfera.

de la red del servicio de agua potable, mejorar la cobertura en el abastecimiento del servicio de agua y suministrar agua de calidad según lo establecido en las normas internacionales, evitar el hundimiento del suelo por el exceso del agua extraída y ahorrar la energía usada para el bombeo. En este sentido, se busca que la gestión del agua sea lo más eficientemente posible desde el punto de vista económico y, que indirectamente incida en la conservación del agua.

Una recaudación eficaz y un consumo eficiente eliminan la necesidad de una reasignación de recursos pues, permite cubrir las necesidades básicas de los individuos, evita que las personas queden exentas del suministro de agua y se desencadenen la proliferación de enfermedades y problemas de higiene; por otro lado pero no por ello menos importante, la minimización o erradicación de estos males para la sociedad y los ecosistemas, contribuirá a mejorar la calidad de vida de las personas y al desarrollo de las comunidades.

Este trabajo cobra una relevancia importante, por el hecho de que la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno pertenece a una ANP y, es una región semiárida en donde los recursos hídricos son limitados. Es importante señalar que, la valoración económica del agua es una solución parcial a un problema bastante complejo, principalmente en zonas áridas.

La investigación contempla la valoración económica del agua de uso doméstico en las comunidades costeras más representativas en cuánto a población: Guerrero Negro, Isla Natividad, Punta Eugenia, Bahía Tortugas, Bahía Asunción, Punta Prieta, San Hipólito, La Bocana, Punta Abreojos, El Dátil, San Ignacio y Santa Rosalía.

Problemas de la gestión del agua

Con base en la información proporcionada por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado (SAPA) del municipio de Mulegé se han identificado como principales problemas la cobertura de recursos financieros para solventar los costos de mantenimiento, almacenamiento, operación y distribución de la red de agua potable del organismo operador del municipio de Mulegé (parcialmente se cubren los costos de extracción)[8]. Adicionalmente, también se requiere la recaudación de un fondo para canalizarlo a la conservación del agua (como por ejemplo, la recarga artificial de los acuíferos y/o instalación de plantas de tratamiento).

Además el organismo operador no mide con eficiente precisión el agua consumida por los usuarios, ya que, una gran proporción no cuenta con medidores y varios no funcionan. Por otra parte, en las comunidades donde se abastecen de agua por medio de plantas desalinizadoras, las cooperativas gastan sumas importantes en combustible, operación, distribución y refacciones que resultan en costos demasiado onerosos, ocasionando déficit

[8] De acuerdo a la información proporcionada por SAPA del 2002 al 2006 los balances promedio mensuales fueron los siguientes: 2002 con un déficit de 161,513 pesos; 2003 con un superávit de 161,092 pesos; 2004 con un superávit de 55,807 pesos; 2005 con un superávit de 77,185 pesos; 2006 con un déficit de 613,348 pesos. Los rubros que comprende el egreso promedio mensual son: servicios personales, materiales y suministros, servicios generales, bienes muebles e inmuebles, obra pública y deuda pública.

presupuestales[9]. A modo de ejemplo, podemos mencionar el caso de las plantas desalinizadoras de La Bocana y Punta Abreojos. Estas dos comunidades y algunas viviendas de San Hipólito no cuentan con agua entubada y los habitantes de El Dátil compran agua a vendedores.

Se argumenta que la operación de las plantas desalinizadoras es factible para los países con abundancia en energía, como las naciones del Medio Oriente que cuentan con los medios suficientes para operar las plantas con eficiencia y satisfacer el consumo satisfactoriamente. La decisión de instalar y operar las plantas desalinizadoras está relacionada directamente con el costo de la energía (Gleick, 1993).

Si bien es cierto que, la RBV cuenta con un plan de manejo, en él no se menciona o no se contempla un apartado que involucre metas en dirección a la gestión integral del agua y, todavía menos, la implementación de instrumentos económicos como la valoración para solucionar los temas pendientes en la administración del agua.

Metodología y descripción de la base de datos

La metodología usada para valorar económicamente el agua fue el Método de Valoración Contingente (VC). Esta técnica mediante el ejercicio de preguntas, busca cuantificar el valor que otorgan las personas a un servicio o bien ambiental. El objetivo de la interrogante hecha en el caso del agua, fue encontrar la estimación de la Disposición a Pagar (DAP) de manera adicional a la que realizan sobre el servicio que se les suministra a los usuarios a nivel de vivienda. La información se recaba por medio de la investigación de campo como la elaboración y aplicación de encuestas, cuestionarios o métodos experimentales en los cuales los individuos responden a ciertos incentivos bajo condiciones controladas.

Sin embargo, en la literatura de VC se menciona que pueden existir los siguientes sesgos al momento de aplicar la encuesta entre los cuales se encuentran: sesgo estratégico (véase Brookshire et al. 1976; Rowe et al. 1980; Hoehn y Randall, 1987; Milon, 1989; Bergstorm et al. 1989; Mitchell y Carson 1989); sesgo de diseño (véase Boyle et al. 1986); sesgo de vehículo de pago (OECD, 1995), sesgo de información (Boyle et al. 1988; Bergstorm et al. 1989; Whitehead y Blomquist, 1991; Hanley, 1988) sesgo hipotético (Bishop y Heberlein, 1979; Thayer, 1981), sesgo de punto de partida (Boyle y Bishop, 1986; Randall et al. 1983), y sesgo de operación (Cummings et al. 1994). En este sentido, la investigación se elaboró con cautela a fin de minimizar los posibles sesgos.

El trabajo de campo se basó en entrevistas personalizadas. El NOAA Panel on Valuation (Arrow et al., 1993) menciona que presenta ventajas con respecto a las encuestas por correo debido a que se presentan dificultades para controlar el proceso de entrevista. Cuando existe un presupuesto limitado para aplicar las encuestas telefónicas

[9] En junio de 2004, se concretó un acuerdo que consistió en que el Gobierno del Estado apoyaría a las cooperativas de las comunidades de Punta Abreojos y La Bocana, con el subsidio de 3,000 litros mensuales de diesel, para la generación de energía eléctrica y el envío de técnicos de la Comisión Estatal del Agua para solucionar los problemas mecánicos o eléctricos de los equipos y su mantenimiento cotidiano.

se recurre a ellas[10].

El tipo de pregunta seleccionado fue el cerrado. En el NOAA Panel on Valuation (Arrow *et al*, 1993) se afirma que, las desventajas que presenta dejar la pregunta abierta es que los entrevistados tienden a sobreestimar su respuesta y pierde sentido el escenario planteado. Adicionalmente, Hanemann (1994) argumenta que los entrevistados desconocen el límite en su disposición a pagar y sugiere que la pregunta cerrada es más recomendable.

Sin embargo, existen sugerencias que mencionan que la pregunta abierta estadísticamente no supone sobre la forma de la distribución de la variable que se trate (Barón, 1996; Fisher, 1996) y que, se suprime el efecto "anclaje" (Harrison y Kristöm, 1995) que, consiste en una disposición a pagar influida por una anterior.

La dispersión en cercanía que existe entre las comunidades y la comunicación terrestre que es principalmente por medio de brechas con terreno muy accidentado, fueron factores importantes que influyeron en el tamaño de la muestra. Por ello, se realizó un muestreo aleatorio estratificado por costos diferenciados[11] (Scheaffer, Mendenhall y Ott, 1996). La encuesta se levantó a nivel de vivienda del 3 de noviembre al 14 de noviembre del 2006. De acuerdo al Censo General de Población y Vivienda del 2000, la cifra para el total de viviendas de las 12 comunidades es de 7087. La muestra seleccionada fue de 245 viviendas y representa el 3.46% del total.

El cuestionario se dividió en tres partes: 1) preguntas socioeconómicas; 2) interrogantes sobre el servicio de agua e; 3) información al entrevistado sobre el estado en el que se encuentran los acuíferos y los problemas existentes en el servicio de agua potable.

El formato de pregunta fue del tipo dicotómico simple y la interrogante expuesta a los usuarios fue ¿usted estaría dispuesto a pagar si_ o no_ para implementar medidas de conservación del agua de tal forma que le permita un suministro adecuado de agua en su hogar?. Si su respuesta resultaba ser positiva a los entrevistados se les pidió su máxima disposición a pagar para implementar las medidas de conservación del agua.

Marco Teórico

Una de las formas de estimar el excedente del consumidor utilizando el MVC es el uso de los modelos de opción discreta-continua (ODC). Este tipo de modelos se interpretan mediante dos enfoques: la teoría de la utilidad aleatoria y regresión latente. El primer enfoque desarrolla la idea de la maximización de la utilidad esperada de la alternativa que ha sido elegida.

En otras palabras, el objetivo es encontrar la opción más preferida o superior a la complementaria. Los modelos de ODC utilizan el Modelo de la Utilidad Aleatoria (RUM) debido a que existe un conocimiento limitado o escaso de las utilidades de las alternativas y,

[10] Esta opción no es factible, ya que, algunas comunidades carecen de servicio telefónico.

[11] Dado que objetivo es mantener el muestreo al costo mínimo, el costo de obtener un cuestionario varía de una localidad a otra, por lo que se toman muestras pequeñas de comunidades con costos altos. El costo estimado de la encuesta por comunidad es aproximada y se calculó con base en una encuesta piloto de 165 encuestas.

por lo tanto, es complicado predecir el comportamiento del agente económico. Siguiendo a Hanemann y Kanninen (1996), partiendo de un nivel inicial del bien ambiental denotado por q^0, al individuo se le plantea un cambio en la calidad del bien ambiental, pasando de q^0 a q^1 a un costo de *C. Si* $C > 0$

$$U(W - C,\ q^1, X) - U(W, q^0, X) \geq 0 \qquad (1)$$

Anexando $V(.)$ el cual comprende un término de error que es aleatorio o estocástico ε. Entonces la expresión queda de la siguiente forma*:*

$$U(W, q, X) = V(W, q, X) + \varepsilon(q)$$

mientras que la probabilidad de obtener una respuesta positiva, frente a un cambio en el bien ambiental, está dada por:

$$Prob(Si) = Prob\ [V(W - C, q^1, X) + \varepsilon_1 > V(W, q^0, X) + \varepsilon_0]$$

donde ε_i es aleatorio y recoge los elementos no observables de la función de utilidad del individuo, por lo tanto, la probabilidad se expresa de la siguiente forma:

$$Prob(Si) = (1 + e^{-\Delta V})^{-1} \qquad (2)$$

en donde $\Delta V = V^1 - V^0$. Cuando la respuesta del entrevistado resulta negativa para el cambio ambiental, la probabilidad se escribe de la siguiente forma*:*

$$Prob(No) = (1 + e^{\Delta V})^{-1} \qquad (3)$$

Cuando el individuo acepta el cambio su disponibilidad a pagar (DAP) es q^1 y su nivel de ingreso disminuye. Esto indica que se genera un cambio en el nivel de utilidad del individuo a costa de la disminución en el ingreso y que, por lo tanto, es compensado por un aumento en su bienestar a través de la mejora ambiental, dando lugar a lo que se conoce como la variación compensada:

$$U(W\text{-}DAP, q^1, X) = U(W, q^0, X) \quad \text{y}$$

$$V(W\text{-}DAP, q^1, X) + \varepsilon_1 - \varepsilon_0 = V(W, q^0, X)$$

en donde la variación compensada se expresa en términos de la función de utilidad observable y es una variable aleatoria porque está presente el error estocástico. Además es una función de densidad acumulada (FDA) denotada como *F(C)* y el valor esperado de la *DAP* se fundamenta en FDA de la siguiente forma:

$$E(DAP) = \int_0^{\infty} [1 - F(C)]\, dT \qquad (4)$$

Las respuestas que se obtienen pueden ser positivas o negativas, por lo tanto, la variable dependiente podrá tomar valores de 1 ó 0, es decir, es una variable cualitativa que representa probabilidades. La ecuación *(5)* matricialmente representa estas respuestas, siendo Y_i la variable dependiente y el término de la derecha es el equivalente a la utilidad determinística:

$$Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i \qquad \textit{donde i: 1, 2\ldots N} \qquad (5)$$

Sin embargo, lo que verdaderamente hace referencia es a una variable latente o variable que

no es observada. Si existen dos posibles resultados, la variable dependiente discreta toma el valor de 1 cuando la variable latente supera cierto nivel de variación y 0 cuando no lo alcanza. La variable latente está en función de un conjunto de variables explicativas,

$$I^* = X_i\beta + \varepsilon_i \qquad (6)$$

Donde *X* es una matriz de tamaño (*n*x*k*) que contiene *k* variables independientes, b es un vector de parámetros de tamaño (kx1), I denota a la función índice y épsilon es el término de error.

donde $X_i\beta$ determina el valor que tomará la función índice y los regresores generan alternativas, estableciendo el modelo dicotómico,

$$I^* = \begin{array}{l} 1 \text{ si } I^* > 0 \quad \text{ocurre cuando} \quad \chi_i\beta + \varepsilon_i > 0 \\ \\ 0 \text{ si } I^* < 0 \quad \text{ocurre cuando} \quad \chi_i\beta + \varepsilon_i < 0 \end{array} \qquad (7)$$

y el tipo de modelo a estimar va a depender de la suposición hecha sobre la forma de la distribución en ε_i.
Por lo tanto, el modelo probabilístico se define,

$$P_i = \Pr ob = (Y_i = 1) = \Pr ob(I^* > 0) = \Pr ob(X_i\beta + \varepsilon_i > 0) = F(X_i\beta) \qquad (8)$$

Donde *F(·)* es un función de distribución acumulada asociada a ε_{ij} y puede seguir una distribución normal tipificada o una distribución logística*;* de igual manera, se pueden utilizar funciones de masa de valor extremo. La estimación para obtener los coeficientes de regresión es por medio de la maximización de la función de verosimilitud:

$$L = \prod_{Y_i=0} F(-X\beta) \prod_{Y_i=1} (1 - F(-X\beta)) \qquad (9)$$

Para nuestra investigación se establece la suposición de que la función de probabilidad sigue una distribución logística, resultando:

$$P_k = E(Y = 1 / X_k) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \ldots + \beta_k X_k)}} \qquad (10)$$

retomando *(1)* y *(2)*, se tiene que si $C > 0$,

$$V(W-C, q^1, X) + \varepsilon_1 > V(W, q^0, X) + \varepsilon_0$$

$$V(W-C, q^1, X) - V(W, q^0, X) > \varepsilon_0 - \varepsilon_1$$

$$\Delta V = V(W-C, q^1, X) - V(W, q^0, X)$$

$\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$, *entonces Prob(Aceptar) = Prob* $(\Delta V > \eta)$

Al considerar de nuevo la expresión *(5)*, el término $X\beta$ es un vector recoge el conjunto de variables socioeconómicas y sus respectivos coeficientes, incluyendo el término independiente y la variación en la utilidad del individuo expresada en coeficientes observados es:
$\Delta V = \alpha - \beta C$

De esta forma se observa que a mayor C, se obtendrá menor ΔV, es decir, que la probabilidad de aceptar será menor. α muestra el cambio de utilidad por el cambio ambiental y β representa la utilidad marginal del ingreso. Si $\Delta V = 0$ el individuo sería indiferente al cambio ambiental.

Especificación del modelo

Para nuestra investigación, la especificación del método de VC considera la representación de aceptar pagar P_j por una mejora en el servicio ambiental de provisión de agua de tal forma que garantice el suministro de agua para los usuarios, el cual se expresa por la representación logística siguiente:

$$P_j = E(Y = 1 / X_j) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + ... + \beta_j X_j)}} \qquad (11)$$

en esta expresión $Y = 1$ si la respuesta es afirmativa y 0 de lo contrario y X_j es un vector de variables socioeconómicas, las cuales se describen en la tabla 1. P_j representa la aceptación de pagar en efectivo.

Reescribiendo (11) por propósitos de simplificación:

$$P_j = \frac{1}{1 + e^{-N_j}} = \frac{e^z}{1 + e^z} \qquad (12)$$

En esta ecuación $N_j = \beta_0 + \beta_1 X_1 + ... + \beta_j X_j$ y la expresión se conoce como la función de distribución logística. N_j se encuentra dentro de un rango de $-\infty$ y $+\infty$, P_j esta en un rango de 0 a 1 y tiene una relación no lineal con N_j.

En la ecuación 12, P_j es la probabilidad de tomar el precio y $(1 - P_j)$ es la probabilidad de no

aceptar el precio.

$$1 - P_j = \frac{1}{1 + e^{N_j}} \tag{13}$$

Escribiendo la expresión de la siguiente forma,

$$\frac{P_j}{1 - P_j} = \frac{1 + e^{N_j}}{1 + e^{-N^j}} = e^{N_j} \tag{14}$$

En la expresión, el miembro izquierdo es la razón de probabilidades. En otras palabras, es la probabilidad de obtener respuestas afirmativas. Si tomamos el logaritmo natural de la expresión (14) obtenemos,

$$L_i = \ln\left(\frac{P_j}{1 - P_j}\right) = N_j \tag{15}$$

Con ello podemos ver que L_i es el logaritmo de la razón que es lineal en X y lineal en los parámetros. L es el modelo logit. Si los datos no están agrupados la ecuación 12 se estima por máxima verosimilitud.

Tabla1. Descripción de variables

VARIABLE	DESCRIPCION	UNIDADES	MEDIA	S. D	MINIMO	MAXIMO
DAP	Disposición a pagar en efectivo	Binario	0.2449	0.4309	0	1
Monto-Dap	Monto a Pagar	$ 000 / mes	39.16	35.01	5	100
Ingreso	Ingreso Familiar Mensual	$ 000 / mes	5908.37	3460.60	500	20,000
VIV_17	Vivienda tiene agua entubada	Binario	1.10	0.3033	1	2
ANOSVIVI	Años de vivir en la comunidad	Continua	27.45	16.61	0.25	82
ANP	Conocimiento de que la comunidad pertenece a un Área Natural Protegida	Binario	1.29	0.4527	1	2
VIV_411	Percibe problemas en el servicio de agua en su comunidad	Binario	1.28	0.4507	1	2
VIV_44A	La percepción que tiene del servicio de agua en cuanto a calidad (1-10)	Continua	7.81	1.87	1	10
VIV_33	Calificación otorgada por el entrevistado al agua para el desarrollo de su vida diaria (1-10)	Continua	9.62	0.8817	6	10
VIV_34	Número de llaves en la vivienda (viv_34)	Continua	3.02	1.83	0	8
Edad	Edad del entrevistado	Continua	41.85	15.35	16	93
Sectraba	Sector de trabajo al que pertenece el entrevistado	Categorica	4.30	1.43	1	6
Género	Género	Binario	1.60	0.4909	1	2

Fuente: Elaboración propia.
*Variable categórica que se compone de los siguientes sectores: 1 = miembro de una cooperativa, 2 = obrero u empleado, 3 = jornalero o peón, 4 = trabajador por cuenta propia, 5 = población económicamente inactiva, 6 = trabaja en el gobierno.

Resultados

Los resultados de la tabla 2 arrojaron los signos esperados. Los coeficientes obtenidos no tienen una interpretación directa sino que, se hacen en términos de probabilidad. La principal variable que es la DAP, es negativa debido a que son funciones de demanda. Existe una menor probabilidad de estar dispuesto a pagar a medida que se incrementa el pago ofrecido al entrevistado adicional al realizado en su recibo de pago.

Para el modelo 2 y 3[12], los individuos que en sus hogares no cuentan con agua entubada tienen una mayor probabilidad de que paguen en efectivo por el hecho de que manifiestan con intensidad la necesidad de acceder directamente al agua potable. Siguiendo el mismo orden descriptivo de los resultados, mientras más años tienen de radicar las personas en la comunidad menor es la probabilidad de que estén dispuestos a pagar en efectivo. Las razones se deben a que con base en las experiencias en su localidad no confían en la implementación de un determinado proyecto que conduzca a la conservación del agua. Los agentes que saben que su comunidad pertenece a una ANP tienen una mayor probabilidad de estar dispuestas a pagar en efectivo, ya que, tienen una mayor conciencia de la importancia de conservar el agua en una zona de este tipo y, les preocupa que se establezcan mecanismos para llevar a cabo este cometido (véase tabla 2).

Los individuos que perciben problemas en el servicio de agua potable en su comunidad tienen una mayor probabilidad de estar dispuestas a pagar en efectivo, ya que, están preocupados por contar con un suministro de agua seguro. A medida que las personas otorgan una mayor calificación a la calidad del servicio de agua tienen una mayor probabilidad de que estar dispuestos a pagar en efectivo para mantener ese patrón o mejorarlo. Los agentes que atribuyen una mayor importancia al agua para el desarrollo de su vida diaria tienen una mayor probabilidad de estar dispuestos a pagar en efectivo, ya que, el recurso hídrico es vital para sobrevivir y es un recurso insustituible.

[12] Para contrastar la diferencia en la DAP de acuerdo al nivel de ingresos se estimó un modelo con parámetros interactivos (Dingreso bajo*monto-DAP y Dingreso alto*monto-DAP). Como nivel de ingresos bajo se consideró aquel que es menor a tres salarios mínimos mensuales y el alto de este rango en adelante. La identificación de cada categoría de ingresos se realizó con variables Dummy para después realizar la interacción con el monto de disponibilidad a pagar (monto-DAP) y, así obtener las DAPs para ingresos bajos y altos.

Tabla 2. Resultados del Modelo Logit

Variables	Modelo1	Modelo 2	Modelo 3
Constante	2.22697741 (0.00894216)	0.83239381 (0.04212765)	0.58299694 (.04519063)
Monto -DAP	-0.07639203 (0.00020660)	-0.07722392 (0.00023834)	----------
Dingreso bajo*monto -DAP			-0.09895996 (0.00032724)
Dingreso alto*monto -DAP			-0.07559801 (0.00024169)
VIV_17	----------	0.49801917 (0.00871771)	0.53898345 (0.00901490)
ANOSVIVI	----------	-0.05423699 (0.00021243)	-0.05289209 (0.00021233)
ANP	----------	-2.71248846 (0.00819598)	-2.64725627 (0.00822712)
VIV_411	----------	-0.82380416 (0.00608604)	-0.83588159 (0.00608946)
VIV_44A	----------	0.13399574 (0.00133543)	0.15092489 (0.00135590)
VIV_33	----------	0.64802878 (0.00368512)	0.62746362 (0.00391063)
VIV_34	----------	-0.1573309 (0.00142435)	-0.19321094 (0.00149515)
Edad	----------	-0.0076645 (0.00022405)	-0.00232959 (0.00022858)
Sectraba	----------	-0.30195899 (0.00162423)	-0.28000147 (0.00169581)
Género	----------	0.62472642 (0.00499092)	0.6687213 (0.00503690)

Fuente: Elaboración propia. Todos los coeficientes son significativos al 1 por ciento.

Por otra parte, las personas que tienen una mayor edad tienen una menor probabilidad de estar dispuestos a pagar en efectivo debido a que con base en sus experiencias vividas en la comunidad no confían en la implementación de un proyecto de conservación. Las viviendas que cuentan con un mayor número de llaves de agua tienen una menor probabilidad de estar dispuestos a pagar en efectivo debido a que su gasto en consumo de agua es mayor y, por lo tanto, pagan más. Con respecto al sector del trabajo, los miembros de las cooperativas son el

grupo que tiene una mayor probabilidad de estar dispuestos a pagar en efectivo. Las razones que explican este resultado, se deben a que son uno de los gremios con mayor percepción de nivel de ingresos promedio y, por ende, pueden canalizar una mayor parte de su restricción presupuestaria para que se implementen medidas de conservación del agua. Por último, las mujeres tienen una mayor probabilidad de pagar en efectivo. Ellas son quienes cumplen con las labores domésticas y tienden a preocuparse más por acceder a ella.

Las funciones para calcular la DAP son las aportadas por Habb y McConnell (2002). Las DAPs para los tres modelos se presentan en la tabla 2. Las DAPs obtenidas muestran diferencias cuando se incluyen otras variables. Otra parte considerable a señalar, es la diferencia en las DAPs con ingresos bajo y altos. Los hogares con una restricción presupuestaria mayor indican una disposición a pagar más alta, con una diferencia de alrededor de $5 pesos promedio. Sin embargo, lo importante es recalcar los recursos financieros que se pueden recaudar para mejorar la conservación del agua como minimizar posibles pérdidas por fugas de agua, construir infraestructura para la retención del recurso hídrico, tratamiento de aguas residuales o exploración de fuentes alternativas como la instalación de plantas desalinizadoras.

Tabla 3. Disposición a Pagar (DAP)

Modelo	DAP	DAP mensual total	DAP anual total
1	$29.15	$206,599.94	$2,479,199.29
2	$25.89	$183,456.54	$2,201,478.50
3*	$16.66	$118,055.69	$1,416,668.31
3**	$21.81	$154,538.28	$1,854,459.38

Fuente: Elaboración propia.

*DAP obtenida con ingresos bajos. La DAP mensual y anual se calcularon bajo el supuesto de que todas las viviendas son de ingresos bajos.

*DAP obtenida con ingresos altos. La DAP mensual y anual se calcularon bajo el supuesto de que todas las viviendas son de ingresos altos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son un indicativo de que una parte de la población considera de que establecer políticas encaminadas a la conservación del agua, cubrir los costos de extracción, almacenamiento, operación y distribución de la red tanto del organismo operador como de las plantas desalinizadoras y, ampliar la cobertura del servicio de agua potable por la vía de un mayor pago en el servicio del agua es factible.

Estos hallazgos permiten a los tomadores de decisiones contar con información

pertinente para establecer mecanismos enfocados a la sustentabilidad del recurso hídrico de tal forma que no se altere la integridad de los ecosistemas y el desarrollo futuro de la sociedad en sus diversas vertientes.

Capítulo VIII

Destilación Solar de Agua de Mar: una alternativa de ecodesarrollo para la Reserva de la Biosfera del Vizcaíno

Miguel Ángel Porta Gándara, Joaquín Gutiérrez Jagüey[1]

La mayor parte del agua del planeta, más del 98 por ciento, está en el mar. Las demandas de agua dulce para agricultura y consumo humano aumentan constantemente, al tiempo que la contaminación del suelo y el aire reduce la proporción de agua potable. La disponibilidad de agua buena es cada día menor, además de que su distribución geográfica es inapropiada a la demanda.

La ingeniería intenta dilucidar los secretos del agua y su manejo. Los mecanismos e ingenios que se han desarrollado para ello, los muestra Levi (1989) de una manera apropiada. Se podría resumir que enseña a tener *una cultura del agua* en el amplio sentido de la frase.

San Francisco de Asís percibe desde un punto de vista poético y no por ello muy alejado de la ingeniería las características esenciales del agua: -*Laudato si mi Signore per sor aqua la quale e multo utile et humile et pretiosa et casta*-. El agua, así pues, en muchos sentidos lo es todo

La destilación solar de agua de mar, probablemente una de las pocas alternativas viables para el futuro sustentable en la parte noroccidental de México. Especialmente en la península de Baja California, es una región con gran potencial para la destilación solar por ser una de las de mayor insolación en el planeta y contar con grandes extensiones de costa, tanto del Golfo de California, como del Océano Pacífico.

México cuenta con una gran cantidad de islas sin recursos acuíferos sustentables para su población, *v.gr.*, Isla Socorro, la de mayor extensión en el archipiélago de las Revillagigedo, en el Pacífico noroccidental mexicano, localizada a 500 km al sur de la península de Baja California. Esta isla permite a la nación incrementar a casi el doble su Zona Económica exclusiva en el Pacífico noroccidental, habitada por apenas unas 100 personas. Se requiere

[1] Centro de Investigaciones Biólogicas del Noroeste, S.C.

que se suministre agua por medio de los barcos de la Armada de México. No se percibe una mejor tecnología que la destilación solar para abastecer la isla.

Resulta entonces, que aquellos recursos empleados en desarrollar la tecnología *pertinente* para la destilación solar de agua de mar son recursos bien empleados.

La destilación solar de agua es un procedimiento muy antiguo que la humanidad ha utilizado para satisfacer diferentes necesidades. Maurel (1981) y Malik *et al.* (1982) mencionan uno de los primeros tratados sobre destilación solar *De distillatione libri IX*, escrito por G.B. della Porta en 1589 en el cual describe un destilador solar con hemisferios de vidrio directamente expuestos al sol. Telkes (1953) menciona el trabajo de Lavoisier que utiliza concentradores solares para calentar alambiques en 1770**,** y describe los avances en cuanto a la fabricación y operación de destiladores solares convencionales de caseta y portátiles durante la segunda guerra mundial. Se analizan algunos elementos del destilador solar de manera aislada e independiente, se reportan diversos resultados experimentales, de los cuales destaca una gráfica de la eficiencia y la producción como función de la energía solar.

Posiblemente el trabajo más trascendente de las últimas décadas es el de Dunkle (1961); es el primer reporte en el que se establecen las bases de un análisis completo de las ecuaciones de balance en los distintos elementos de un destilador solar mediante parámetros concentrados, tanto para un destilador convencional de caseta como para el que llama de difusión de efecto múltiple. Establece que para una temperatura promedio de 150°F (65.5°C) y una diferencia de temperatura entre las placas de 20°F (11.1°C), el número de Grashof es $1.22 \times 10^6 d^3 \Delta T$, donde d está en pies y ΔT en °F, con lo que determina que el único mecanismo de transferencia es de conducción para placas con espaciamiento menor a 0.5 pulgadas. Su trabajo experimental se basa en cinco destiladores "difusivos" operados por varios meses, donde se utiliza un calentador eléctrico en lugar de energía solar y concluye que la correspondencia entre las producciones experimentales y las calculadas no son buenas, pero su modelo lo encuentra como una herramienta adecuada para propósitos de diseño.

Cooper (1969) reporta un trabajo puramente teórico en el que mediante el método de diferencias finitas resuelve las ecuaciones de balance de la cubierta y de la salmuera de un destilador solar de caseta. Se analiza el efecto de diferentes parámetros en la producción, de los cuales destacan la cantidad inicial de salmuera con y sin aislamiento térmico bajo la charola, de lo que concluye que sin aislante no se tiene un efecto significativo, pero para tirantes de 0.5 a 12 pulgadas el efecto de adicionar aislamiento térmico permite incrementar un 30% el destilado. Otra variable de interés es la velocidad del viento de la que observa que después de 5 millas/h el incremento en la producción es muy pequeño.

Diversos trabajos posteriores Ali (1993), Singh y Tiwari (1993), Sharma y Mullick (1993), Shawaqfeh y Farid (1995), Mowla y Karimi (1995), han establecido las ecuaciones de balance de los destiladores solares de parámetros concentrados, basados todos ellos en el trabajo original de Dunkle (1961) con aportaciones marginales.

Destilador solar somero

Los destiladores solares someros (Fig. 1) con una relación de aspecto (H/L) de 0.2 son los más eficientes en la literatura (McCracken y Porta 1990), por tanto, tiene desde el punto de vista económico gran importancia conocer a profundidad la manera en que funcionan estos dispositivos, de tal suerte que pueda aumentarse la eficiencia y de esta manera bajar los costos de producción de agua destilada.

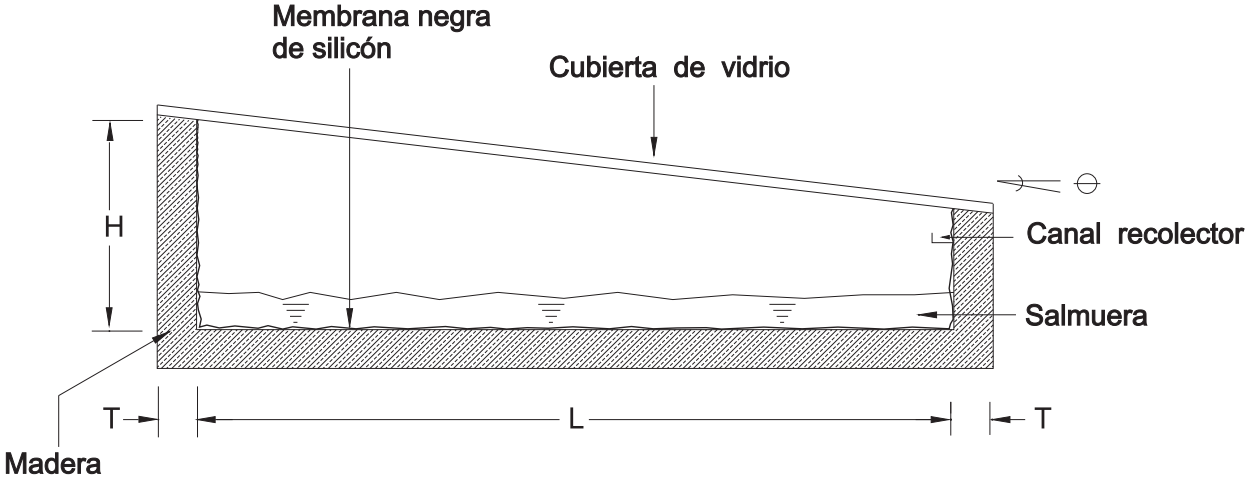


Figura 1. Destilador solar somero tipo McCracken-Porta.

El coeficiente global de transferencia de calor, particularmente entre salmuera-vidrio, es el de mayor importancia en el entendimiento de los mecanismos de transferencia de calor y masa en el interior del destilador; en este coeficiente se agrupan los mecanismos de convección, evaporación, condensación, radiación y difusión.

Para entender el funcionamiento de los destiladores solares se plantea un análisis con base en un balance de energía en cada uno de los elementos del sistema: condensador (g), salmuera (w) y fondo (b), con base en un sistema de tres ecuaciones diferenciales de parámetros concentrados, cada elemento se representa con un valor de temperatura.

El uso de parámetros concentrados es una práctica establecida; los modelos matemáticos de este tipo son referidos ocasionalmente con el nombre de modelos de Cooper para dar crédito de P.I. Cooper, quien probablemente fue el primero en dar a este enfoque amplia difusión (Cooper, 1969).

Balance energético

El balance energético en cada uno de los elementos se hace con fundamento en el principio básico de la ley de la conservación de la energía, que en su forma general expresa los cambios respecto al tiempo de la cantidad de energía almacenada en alguno de los elementos de un sistema, en función de las energías que entran y salen del mismo, considerando ausencia de trabajo mecánico:

$$\frac{dE_z}{dt} = E_i - E_0 \qquad (1)$$

donde : E_z Energía almacenada en el sistema.
E_i Energía que entra al sistema.
E_0 Energía que sale del sistema.

Balance en el condensador

La cantidad de calor acumulado por unidad de área horizontal en el condensador, está determinado por la energía solar disponible menos las pérdidas al ambiente y a la salmuera, determinadas por los coeficientes globales de transferencia de calor y sus diferencias de temperatura respectivamente, de tal forma que:

$$U_{wg}(T_w - T_g) + a_g G - U_{ga}(T_g - T_a) = m_g c_g \frac{dT_g}{dt} \qquad (2)$$

U_{wg} Coeficiente global de transferencia de calor entre la salmuera y la cubierta.
U_{ga} Coeficiente global de transferencia de calor entre la cubierta y el ambiente.
T_w Temperatura de la salmuera.
T_g Temperatura de la cubierta.
T_a Temperatura ambiente.
a_g Coeficiente de absorción para la cubierta.
G Radiación solar en el plano inclinado.
m_g Masa de la cubierta.
c_g Calor específico de la cubierta.

además: $$a_g = \alpha_g(1-\rho_g) \qquad (3)$$

en la que:

α_g Absortancia de la cubierta.
ρ_g Reflectancia de la cubierta.

Balance en la salmuera

La energía acumulada por unidad de área en la salmuera se determina mediante la diferencia entre la energía solar transmitida por el condensador y las pérdidas al vidrio y al fondo que se calculan con base en las diferencias de temperatura, y en los coeficientes globales de transferencia de calor respectivamente:

$$a_w G - U_{wg}(T_w - T_g) - U_{wb}(T_w - T_b) = m_w c_w \frac{dT_w}{dt} \qquad (4)$$

donde:

U_{wb} Coeficiente global de transferencia de calor entre la salmuera y el fondo.
T_b Temperatura del fondo.
a_w Coeficiente de absorción para la salmuera.
m_w Masa de la salmuera.
c_w Calor específico de la salmuera.

además:

$$a_w = \alpha_w \tau_g (1-\rho_g)(1-\rho_w) \qquad (5)$$

en la que:

α_w Absortancia de la salmuera.
τ_g Transmitancia de la cubierta.
ρ_w Reflectancia de la salmuera.

Balance en el fondo

La energía acumulada por unidad de área en el fondo del destilador está dada por la fracción de la energía solar que alcanza el fondo, determinada por las propiedades ópticas tanto de la salmuera como del condensador, menos las pérdidas térmicas al medio ambiente y a la salmuera calculadas con las diferencias de temperatura y los coeficientes globales de transferencia de calor:

$$a_b G + U_{wb}(T_w - T_b) - U_{ba}(T_b - T_a) = m_b c_b \frac{dT_b}{dt} \qquad (6)$$

donde:

U_{ba} Coeficiente global de transferencia de calor entre el fondo y el ambiente.
a_b Coeficiente de absorción para el fondo.
m_b Masa del fondo.
c_b Calor específico del fondo.

además:

$$a_b = \alpha_b \tau_g \tau_w (1-\rho_g)(1-\rho_w)(1-\rho_b) \qquad (7)$$

en la que:

α_b Absortancia del fondo.
τ_w Transmitancia de la salmuera.
ρ_b Reflectancia del fondo.

En las ecuaciones anteriores se cumple que para un mismo elemento del sistema la suma de reflectancia, transmitancia y absortancia es igual a la unidad.

Números adimensionales

En el caso de transferencia de masa entre dos fluidos de diferente peso molecular como la destilación de agua, se requiere un número especial de Grashof, tal y como Sharpley y Boelter (1938) lo han descrito según Malik *et al.* (1982), lo que implica modificar la diferencia de temperaturas en el número de Grashof normal por una nueva diferencia aparentemente mayor debida a la diferencia de las presiones de vapor entre el evaporador y el condensador:

$$\Delta T' = (T_w - T_g) + \frac{(P_w - P_g)T_w}{2.8 - P_w} \tag{8}$$

donde:

$\Delta T'$	Diferencia de temperatura modificada.
P_w	Presión parcial de vapor de la salmuera.
P_g	Presión parcial de vapor de la cubierta.

Por lo que el número especial de Grashof es:

$$Gr_e = \frac{x^3 g \beta}{v^2} \Delta T' \tag{9}$$

donde:

x	Distancia característica.
g	Aceleración normal de la gravedad.
β	Coeficiente térmico de expansión volumétrico.
v	Viscocidad cinemática.

y por tanto el número de Rayleigh especial es:

$$Ra_e = Gr_e \Pr \tag{10}$$

donde el número de Prandtl es: $P_r = c_p \frac{\mu}{k}$

Para el cálculo del número de Nusselt experimental se utiliza la expresión:

$$Nu = h_{wg} \frac{x}{k} \tag{11}$$

donde h_{wg} se mide experimentalmente con el flujo másico del destilado por la entalpía de cambio de fase entre la diferencia de temperaturas de la salmuera y la cubierta, y es igual al coeficiente global de transferencia de calor U_{wg} .

Según Malik *et al.* (1982), cuando existe transferencia de calor y masa simultáneamente, y el número de Lewis es igual a uno, como es el caso de la destilación solar, quiere decir que la transferencia de calor es análoga a la de la masa, y por tanto, se pueden establecer las

correlaciones de transferencia de masa cambiando el número de Nusselt por el de Sherwood, y el número de Prandtl por el de Schmidt.

Como el interés de este experimento es solamente evaluar el cambio de la producción de agua destilada con respecto a la variación de la distancia de la salmuera a la cubierta, no se muestran gráficas de temperaturas ni de velocidad de viento.

Mediciones físicas

Para medir la influencia de la producción como función de la distancia (d) entre la salmuera y el vidrio se construyeron seis destiladores con distintas distancias.

La radiación solar registrada en W/m² para tres días seleccionados de experimentación, con los seis destiladores solares de campo, se muestra en la fig. 2. Como puede apreciarse, solamente en uno de esos días se tiene una cierta nubosidad. La fig. 3 muestra la producción acumulada de agua destilada a lo largo de uno de los tres días de experimentación, utilizando intervalos de 15 minutos.

Al final de cada día se obtuvo la producción diurna total de las 07:00 a las 19:00 h. Se midió el acumulado de la producción nocturna de agua destilada de las 19:00 h a las 07:00 h. La fig. 4 muestra la producción acumulada de cada destilador para los tres diferentes días. Debe notarse que para la escala del eje de producción de agua destilada, sólo aparece un intervalo entre 5 y 6.4 Kg por lo que el efecto se ve magnificado. Como puede apreciarse para el trabajo de campo, aparentemente existe una cierta influencia de d en la producción, ya que ésta no decrece monótonamente y pueden notarse repuntes a ciertas distancias.

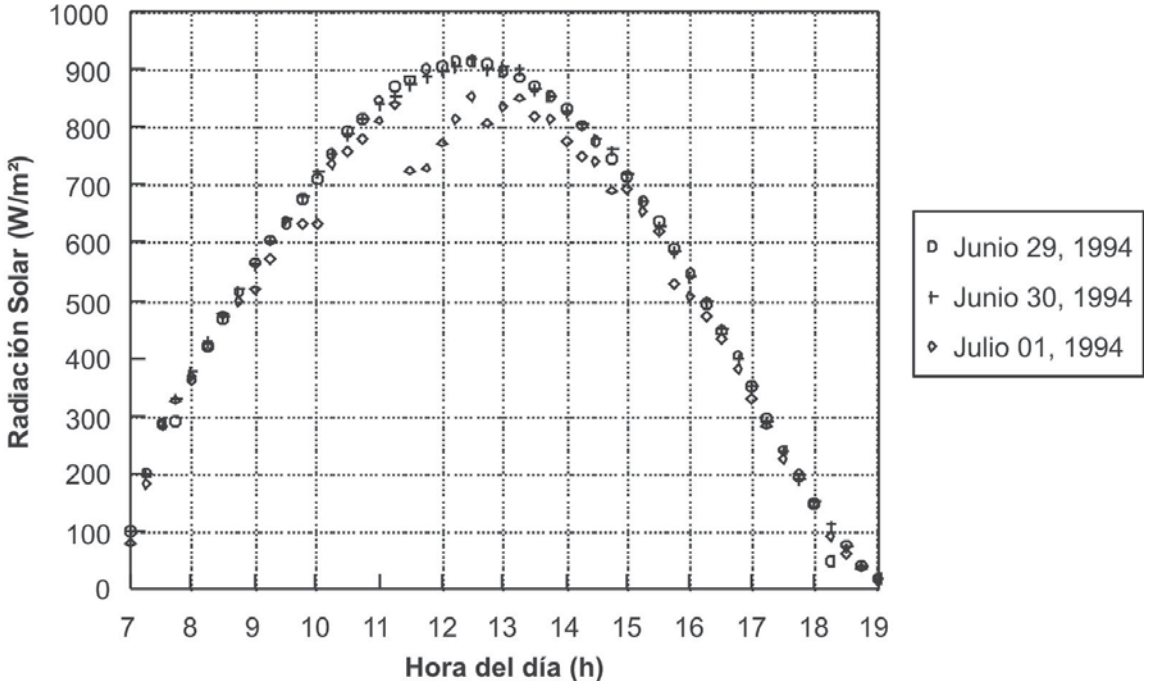


Figura 2. Radiación solar a lo largo de tres días de experimentación.

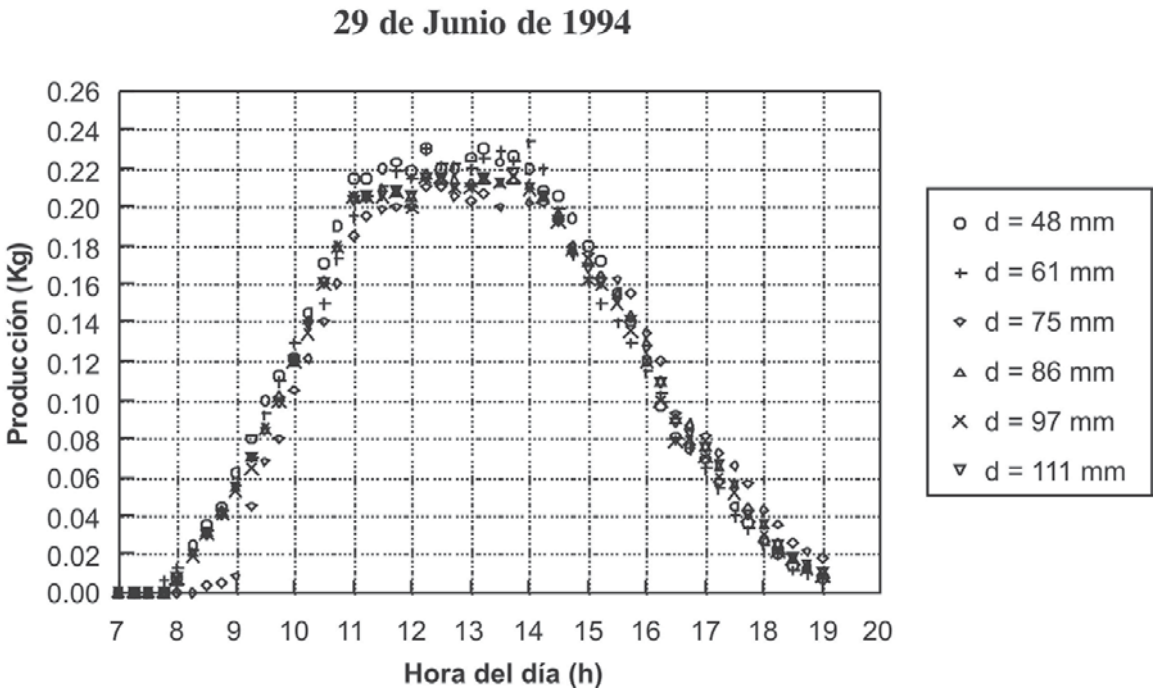
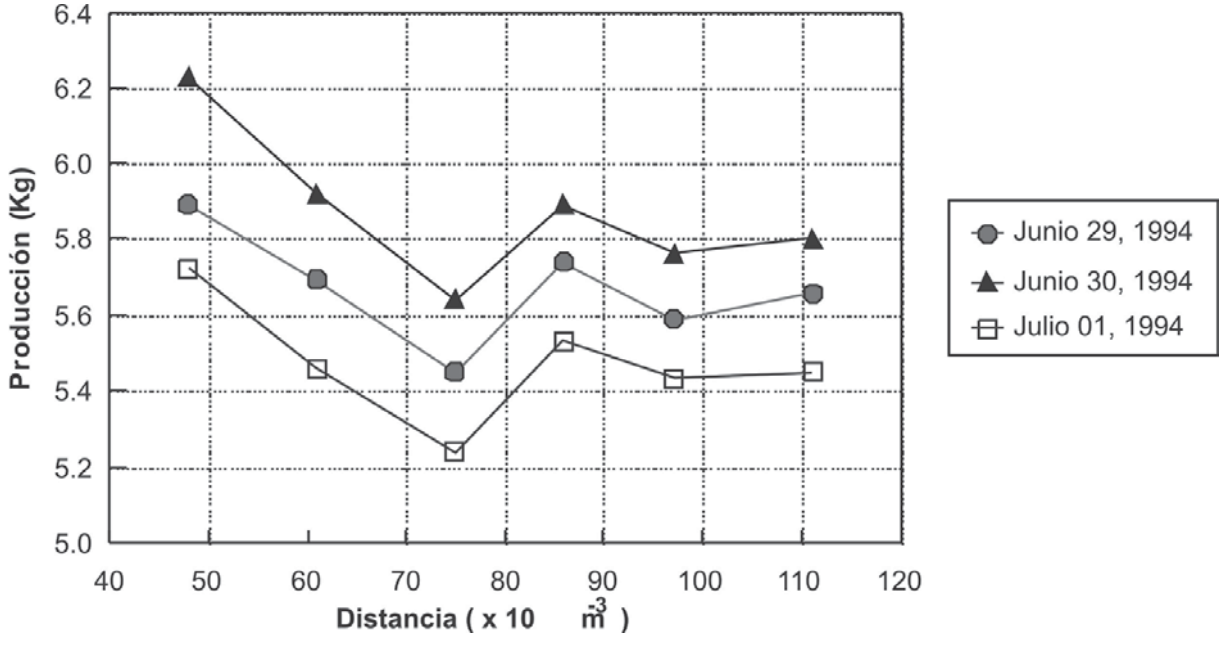


Figura 3. Producción acumulada en intervalos de 15 minutos a lo largo de uno de los tres días de experimentación.



Destilador d x 10^{-3} m	29 de junio Kg	30 de junio Kg	1 de julio Kg
48	0.60	0.70	0.58
62	0.55	0.60	0.55
75	0.50	0.58	0.50
86	0.55	0.60	0.56
97	0.52	0.59	0.55
111	0.52	0.60	0.55

Figura 4. Producción total diaria como función de la distancia entre la salmuera y la cubierta ***d***, en el campo y producción acumulada nocturna.

Del trabajo anterior surgió la necesidad de identificar, bajo condiciones controladas la producción de destilado como función de ***d***. Para este fin, se hicieron corridas experimentales isotermas con duración de dos horas cada una, para cuatro distintas diferencias de temperatura entre el vidrio y el agua a evaporar. La temperatura del vidrio se mantuvo controlada en 53°C

Puede notarse que para la mayor diferencia de temperaturas se obtiene la mayor producción, sin embargo como puede apreciarse en la fig. 5, no se aprecia una tendencia clara de la producción a disminuir con ***d***.

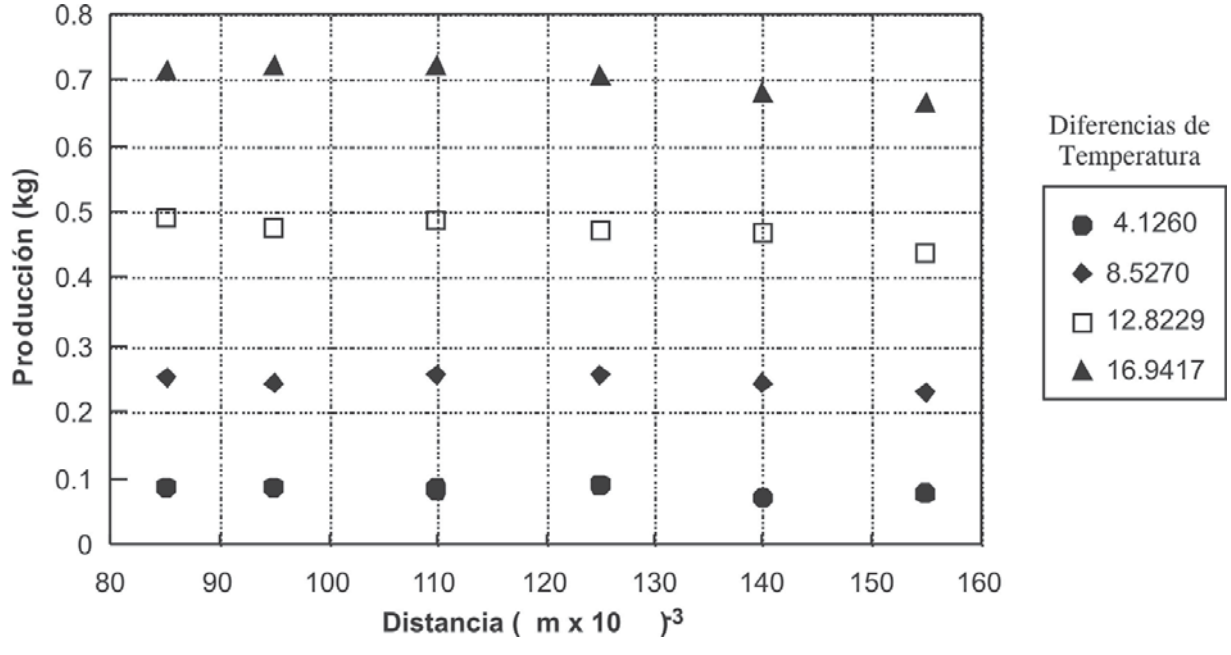


Fig. 5 Producción acumulada de dos horas respecto a la distancia entre la salmuera y la cubierta para diferentes diferencias de temperatura.

Se explora ahora con más detalle la probable evolución de la producción a lo largo del día. Para ello se atiende al hecho de que las diferencias de temperatura entre agua y cubierta varían

a lo largo del tiempo como función de las variaciones de insolación y temperatura ambiental fundamentalmente. Así puede emplearse información de los experimentos isotérmicos del laboratorio y los otros dinámicos del campo. Con éstos, se determinan las temperaturas como función del tiempo, y con las isotérmicas la producción para cada diferencia de temperaturas

Se puede construir un escenario probable en el cual las temperaturas varíen a lo largo del día de modo tal que las diferencias entre agua y cubierta correspondan a los valores empleados para construir la fig. 5. Puede suponerse que la diferencia entre agua y cubierta, alrededor del mediodía, va de 17°C y que dure dos horas; así mismo, la diferencia de 13°C dure dos horas, una en la mañana y otra en la tarde. Lo mismo para las otras dos diferencias.

Así la producción de un día se obtendría de sumar las producciones medidas como aparecen en la fig. 5, para las cuatro diferencias de temperaturas para cada ***d***. El resultado de hacer esta suma aparece en la fig. 6. Como se aprecia, existe una cierta tendencia al repunte de la producción para ciertas distancias tal como ocurrió en los destiladores de campo.

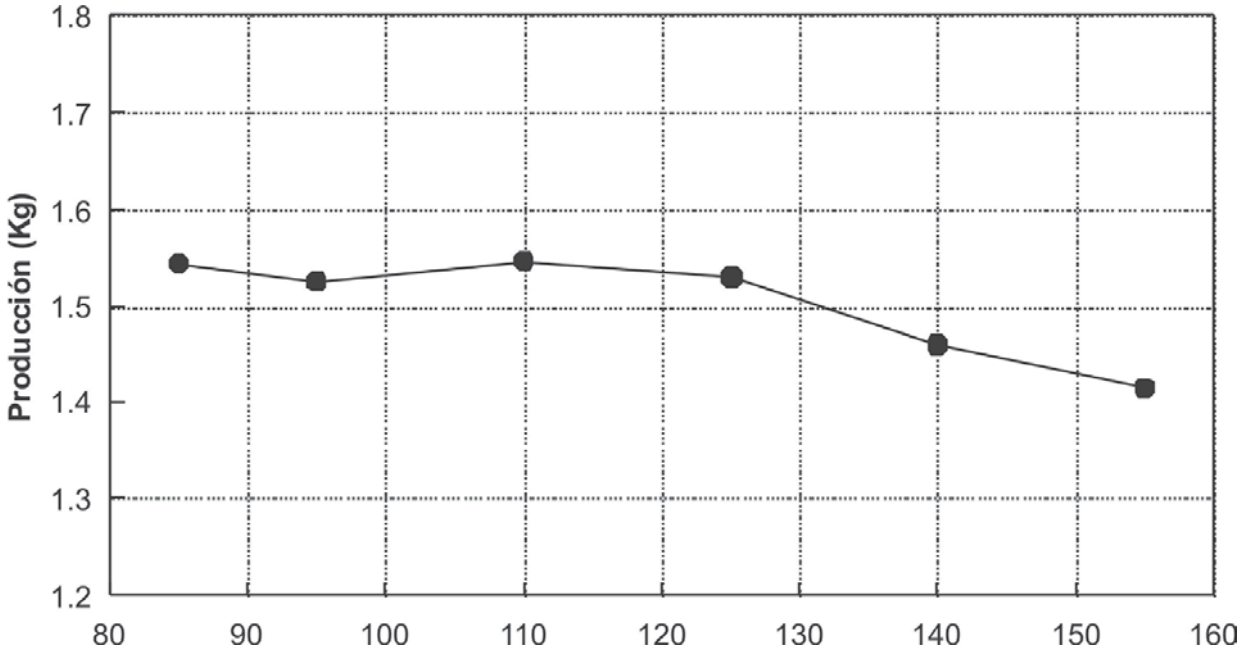


Fig. 6. Producción acumulada para las distintas diferencias de temperatura como función de la distancia ***d***.

Resulta imprescindible el visualizar en el interior del destilador para diferentes distancias y diferencias de temperatura para tener más elementos de juicio y por tanto tener un mejor entendimiento del fenómeno.

Se desarrollaron diversos experimentos para visualizar el movimiento del fluido en el interior del destilador solar de laboratorio para caracterizar el flujo.

En la fig. 7 se muestra la naturaleza del movimiento del fluido en el interior del destilador. Los seis diferentes patrones de flujo corresponden a distintas condiciones los cuales se escogieron de entre más de 500 imágenes para mostrar la diversidad de las formas.

Como puede observarse se forman celdas de convección de eje horizontal tipo vórtice, los cuales transportan fundamentalmente en la parte periférica el fluido del evaporador al condensador.

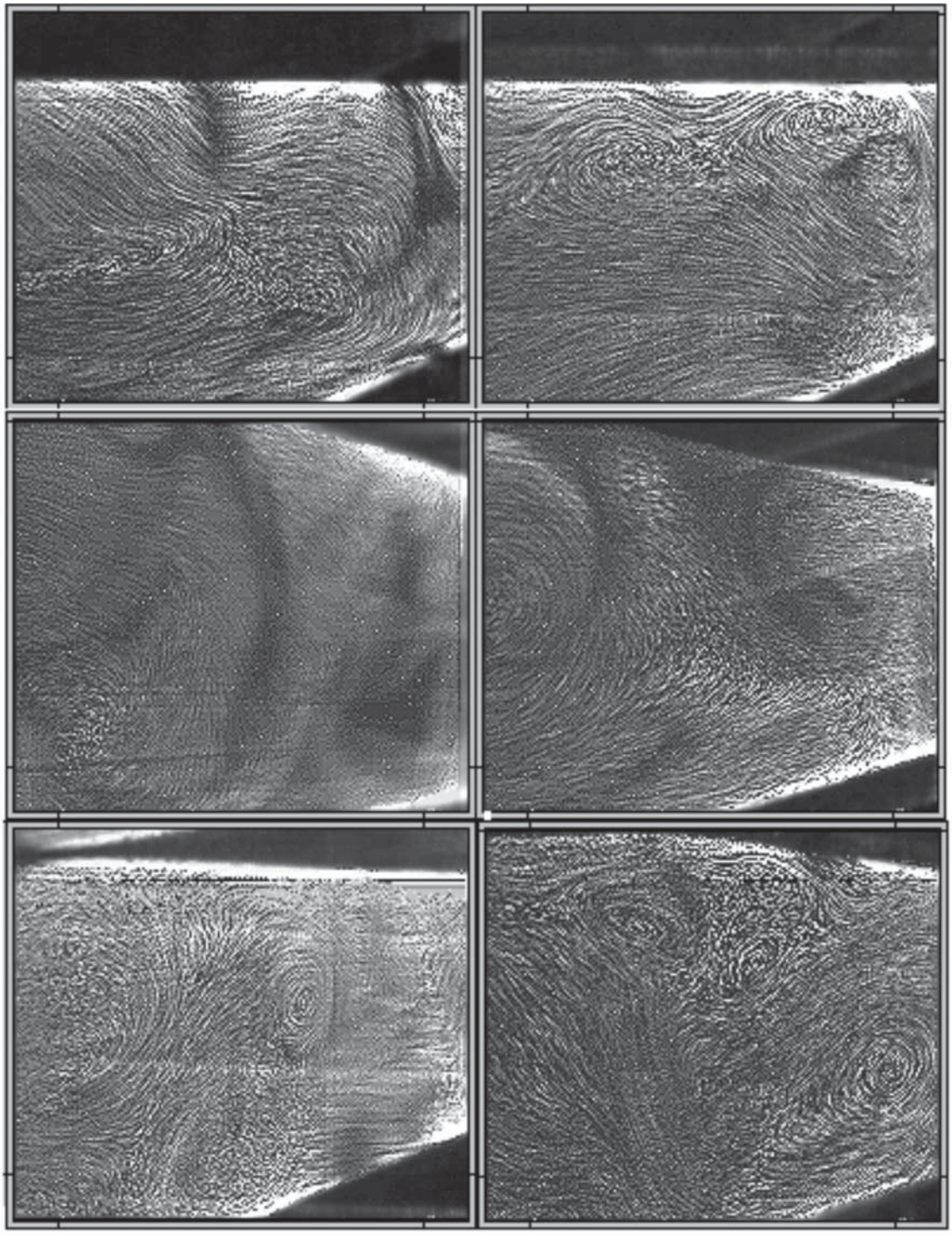


Figura 7. Naturaleza del fluido en el interior del destilador de laboratorio.

Se diseñó un experimento para verificar cuál es el cambio en la actividad de los vórtices bajo las condiciones extremas y comparar las principales diferencias estructurales que se pueden establecer en las celdas del destilador de laboratorio. La fig. 8 muestra cuatro condiciones extremas: la menor y mayor distancia $\boldsymbol{d}$ (8.5 y 15.5 x 10^{-2} m) con la menor y mayor diferencia de temperaturas (4.1 y 16.9°C). Estas cuatro imágenes digitales fueron escogidas de un conjunto de más de 200, y son las más representativas.

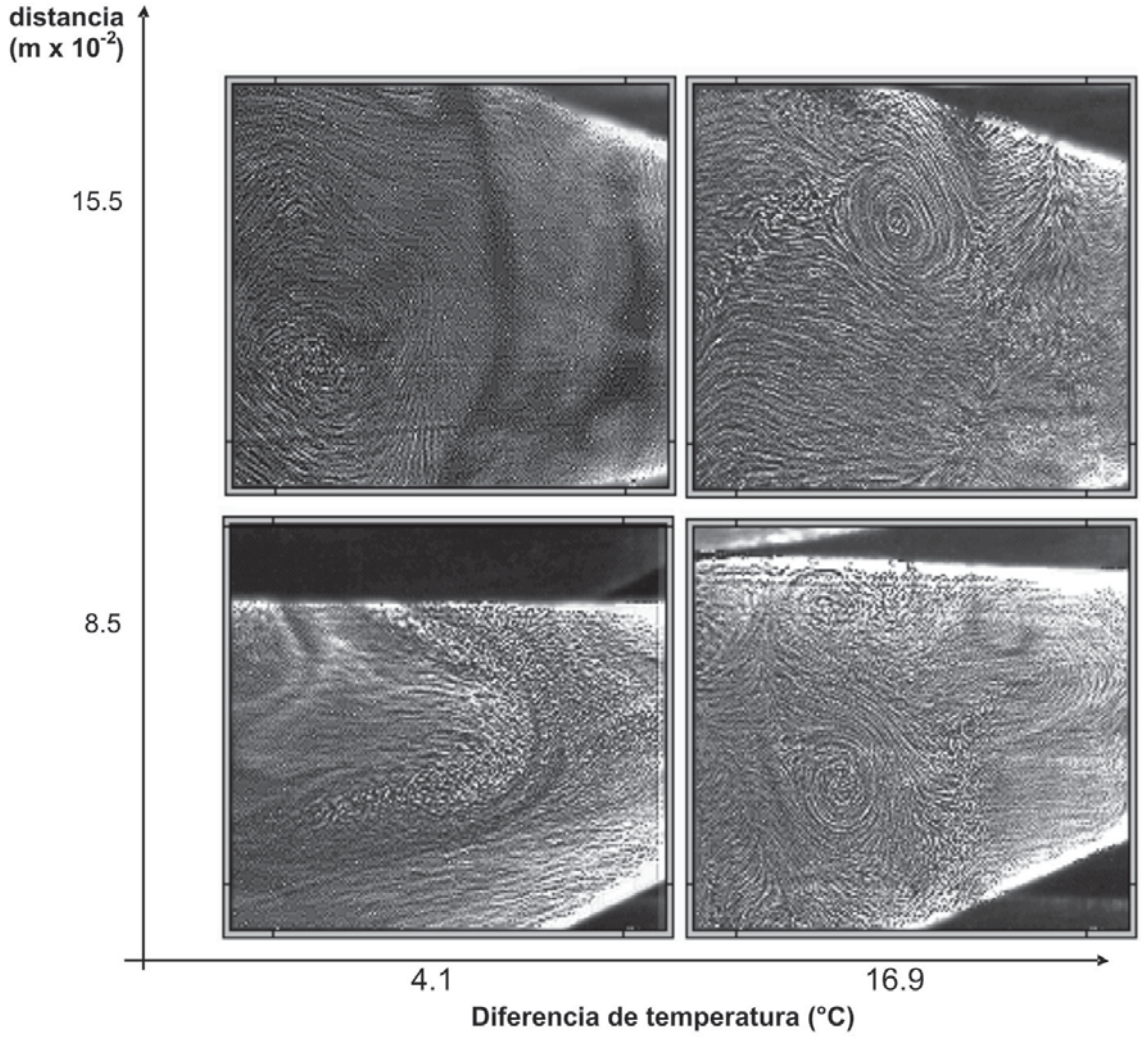


Figura 8. Cuatro patrones de flujo bajo condiciones extremas de operación en el destilador experimental de laboratorio.

Para la diferencia de 4.1°C y la distancia $\boldsymbol{d}$ = 8.5 x 10^{-2} m la actividad de los vórtices no está bien desarrollada y el movimiento del fluido se aprecia como *plumas*; para la misma distancia pero a la máxima diferencia de temperaturas de 16.9°C la actividad de los vórtices es máxima, la rapidez del movimiento es la mayor observada durante el experimento. Para la distancia máxima de 15.5 x 10^{-2} m y una diferencia de temperaturas de 4.1°C parece que esta geometría permite más la formación de vórtices pero muy inestables. Hacia la parte

media superior de la imagen, se observa una pequeña franja vertical de color negro la cual es producida por la ausencia de humo que se depositó por debajo de la cubierta junto con el agua condensada. Para la misma distancia pero con una diferencia de temperaturas de 16.9°C se aprecia un vórtice muy grande y bastante estable, probablemente debido a la máxima relación de aspecto de la cavidad de destilación.

Con objeto de medir la velocidad del fluido en la sección extrema izquierda del destilador donde los vórtices son más estables, como función de la diferencia de temperaturas entre salmuera-cubierta y para distintas distancias ***d***, se analizaron más de 20 imágenes en tiempo real, registradas en la videocámara analógica para diversas combinaciones de estas dos variables, los resultados se muestran en la fig. 9.

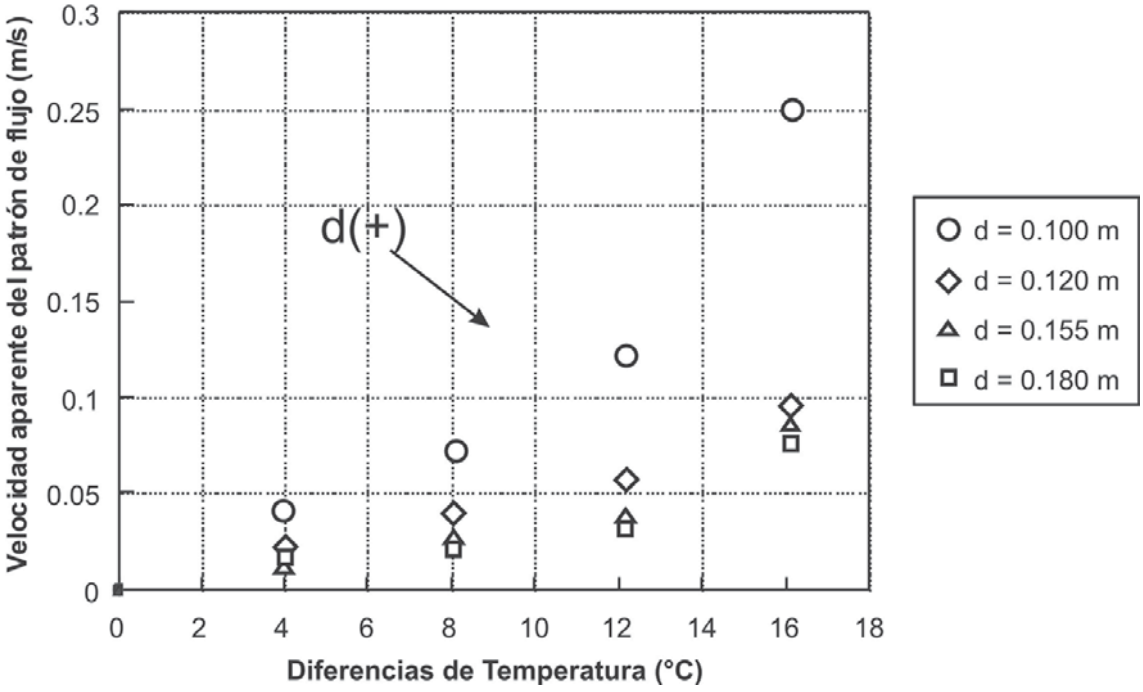


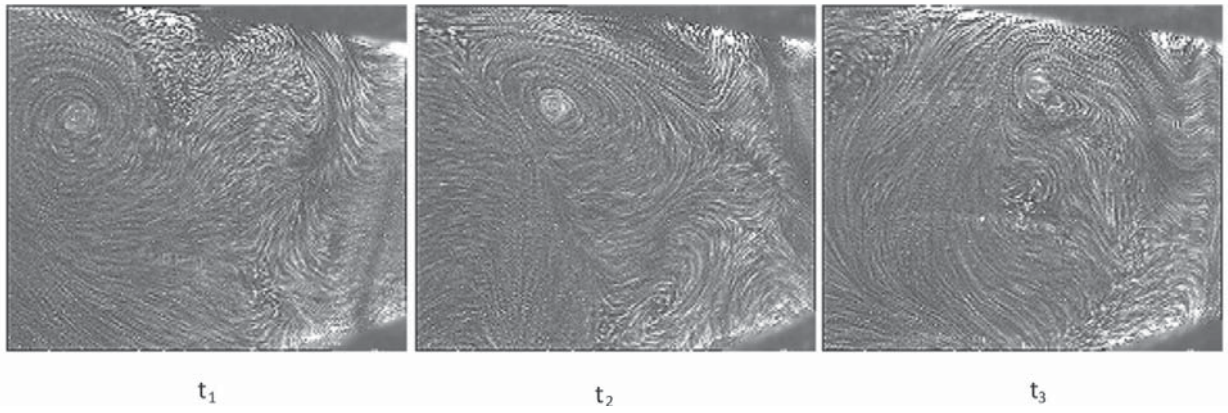
Figura 9. Velocidad del fluido para diferentes condiciones de operación.

Los valores presentados en la fig. 9 son los promedios de las distintas mediciones. Como se ve, la velocidad del fluido es inversamente proporcional a la distancia, *i.e.,* para una menor distancia ***d*** se tienen las mayores velocidades. También es importante observar que la velocidad del fluido se incrementa mientras mayor es la diferencia de temperaturas. Además, la gráfica es cóncava hacia arriba.

Otro parámetro que pudo estimarse es la velocidad de desplazamiento de los vórtices con base en imágenes consecutivas, las cuales están espaciadas en lapsos iguales debido a que la información de cada imagen ocupa el mismo espacio en la memoria de la computadora.

Se desarrolló un procedimiento computacional para medir la velocidad de desplazamiento de los vórtices (Porta *et al.* 1996) con base en las imágenes digitales.

En la fig. 10 se muestran tres imágenes en las cuales se mide la velocidad de desplazamiento. En los experimentos se advirtió que estas velocidades también dependen fuertemente de la diferencia de temperaturas entre la salmuera y la cubierta, así que de alguna manera esto determina el *nivel* de actividad en el interior del sistema. Se han medido velocidades relativamente bajas de 2 x 10^{-2} m/s para diferencias de temperatura de 4°C, hasta velocidades de alrededor de 9 x 10^{-2} m/s para diferencias de temperatura de 17°C



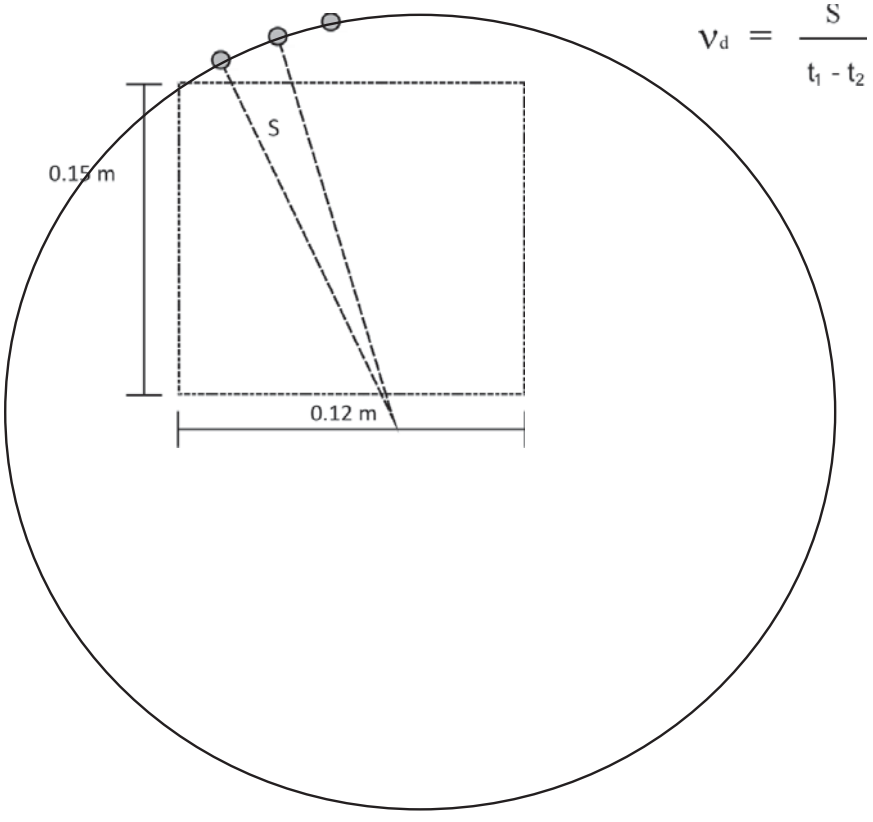


Figura 10. Imágenes consecutivas para la medición del desplazamiento del vórtice.

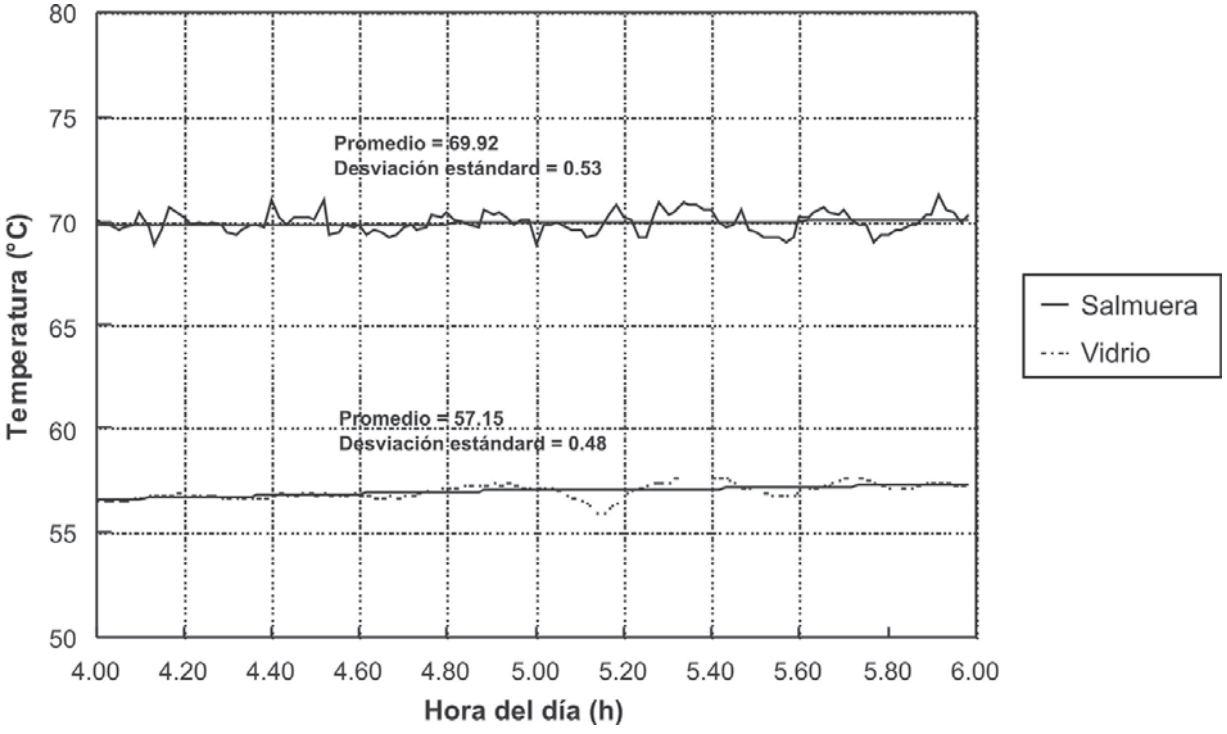


Figura 11. Temperaturas de la salmuera y la cubierta para el destilador de laboratorio.

Para medir de manera experimental el coeficiente global de transferencia de calor entre la salmuera y la cubierta U_{wg}, se diseñó un experimento con el destilador de laboratorio, para 17 combinaciones de diferencias de temperatura entre salmuera-cubierta, y diferentes temperaturas de salmuera.

La fig. 11 muestra un caso de la calidad del control que se estableció para mantener las temperaturas constantes durante los periodos de experimentación que se dieron a lo largo de dos horas. Como puede observarse, existe una desviación alrededor del nivel seleccionado de temperatura de la salmuera de 70°C, el promedio es de 69.92°C con una desviación estándar de 0.53°C, mientras que para la temperatura del vidrio, la temperatura seleccionada estuvo en 57°C con un promedio de 57.15°C y una desviación estándar de 0.48°C, lo cual es bastante aceptable, dada la complejidad de los fenómenos reales.

A través de la medición de la producción de agua destilada en el intervalo de dos horas y la entalpía de evaporación a la temperatura de la salmuera (T_w), se puede estimar el flujo de calor. La fig. 12a muestra el resultado de este experimento. Se ajustaron rectas para cada temperatura de salmuera, con lo cual para conocer el coeficiente U_{wg} basta dividir el flujo de calor entre la diferencia de temperaturas, tal como se muestra en la fig. 12b. Como puede observarse, este coeficiente depende tanto de la diferencia de temperaturas como de la temperatura de la salmuera.

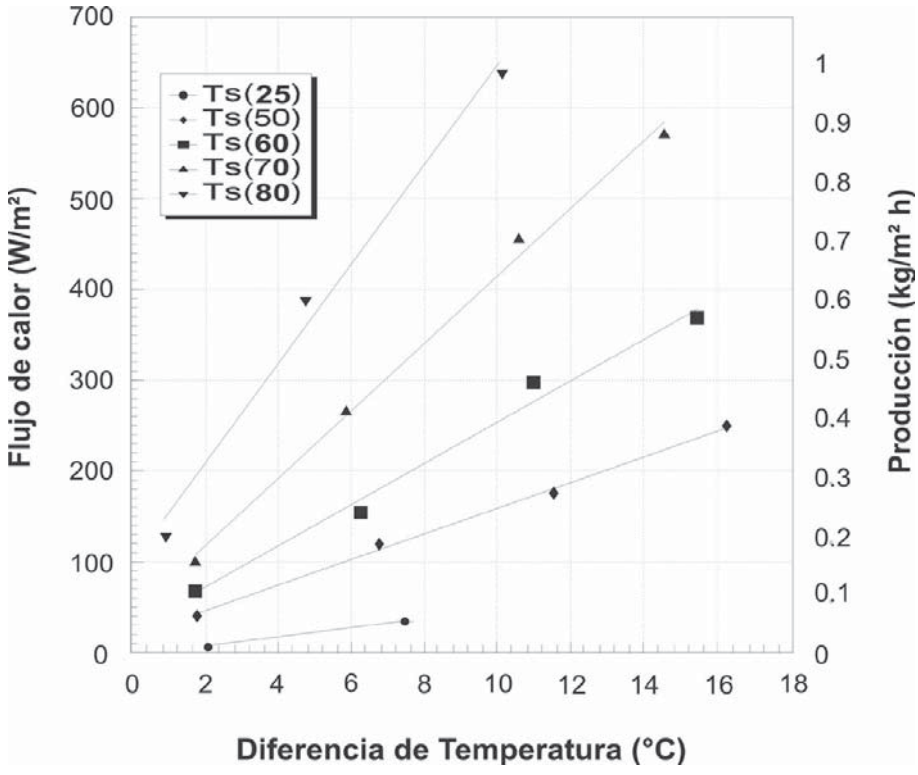


Figura 12a. Gráfico para la estimación del coeficiente global de transferencia de calor entre la salmuera y el vidrio.

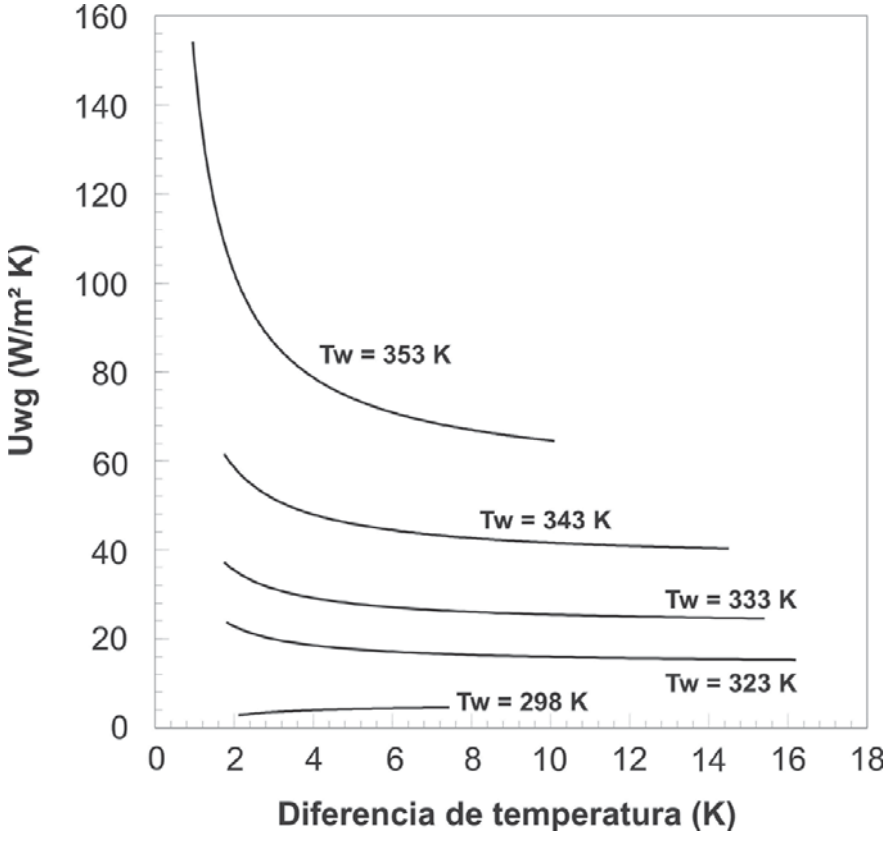


Figura 12b. Gráfico del coeficiente U_{wg} respecto a la diferencia de temperatura.

Para evaluar el coeficiente global de transferencia de calor entre el vidrio y el ambiente , se desarrollaron una gran diversidad de experimentos. En los resultados se muestra una selección de 4 días. La fig. 13 muestra cuatro días de radiación solar en los cuales se puede observar prácticamente ausencia de nubosidad, lo cual resulta ideal para la evaluación experimental de este coeficiente.

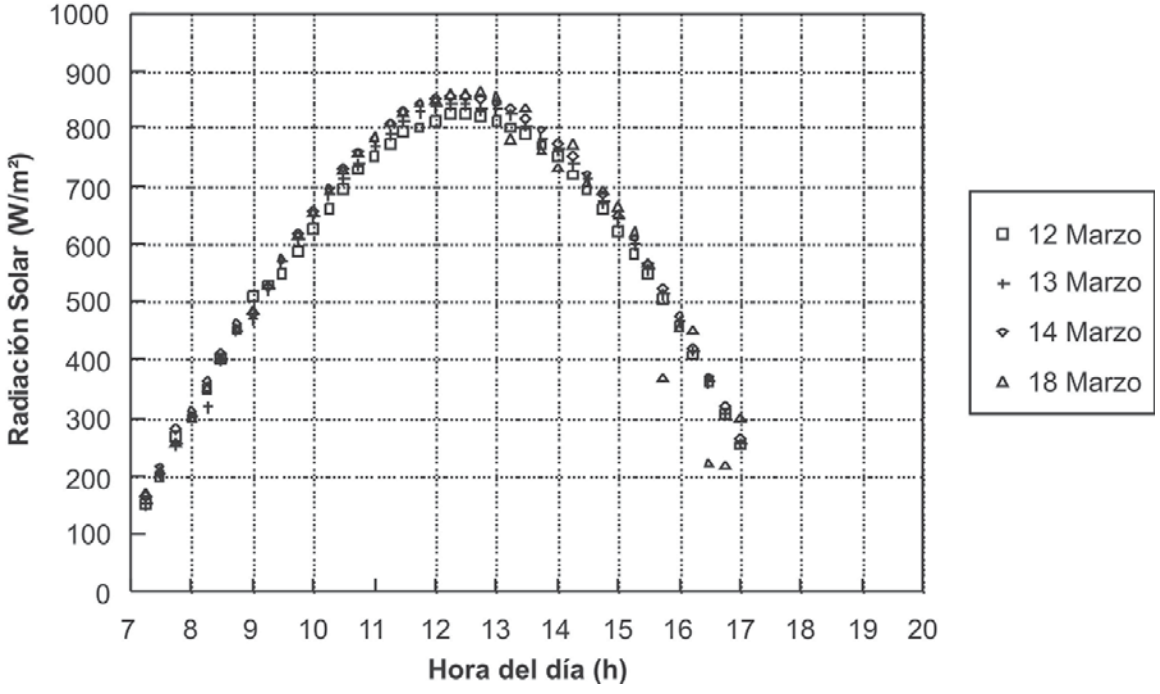


Figura 13. Radiación solar a lo largo del día para cuatro días de experimentación en campo.

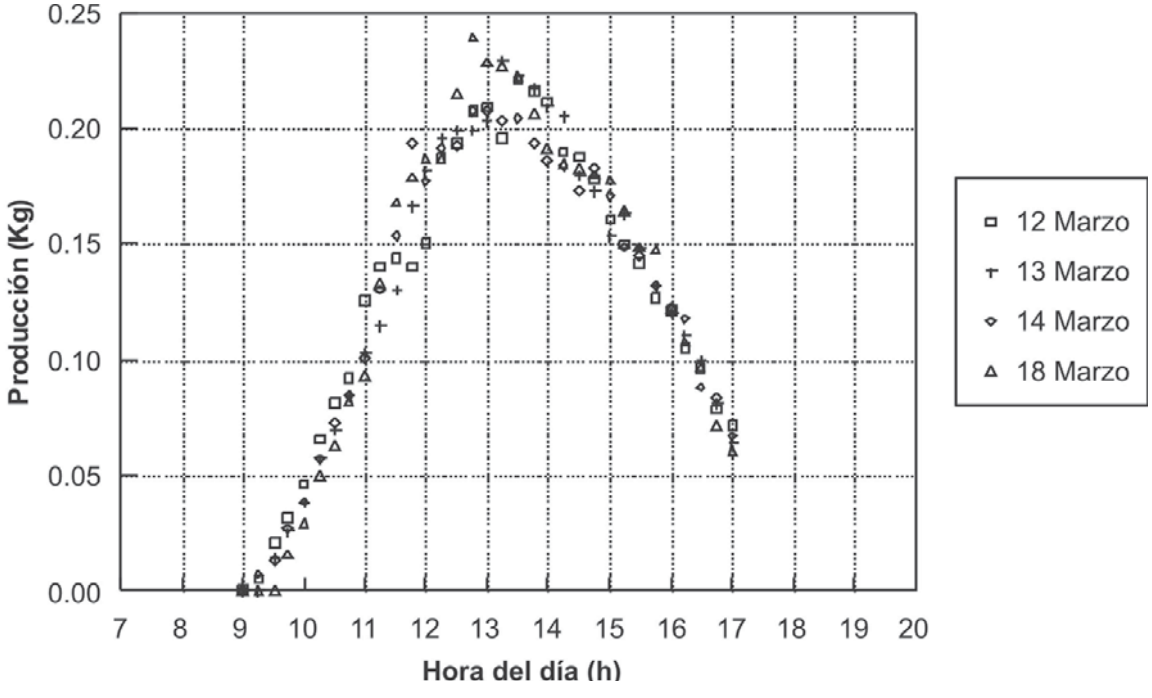


Figura 14. Producción de agua destilada como función del tiempo.

La producción de agua destilada se midió en intervalos de 0.25 h para los diferentes días, la fig. 14 muestra los resultados.

En los días seleccionados, se tienen velocidades de viento hasta de 6.3 m/s, como puede apreciarse en la fig. 15, lo que permite evaluar este coeficiente en un rango muy amplio de operación para condiciones típicas de playa, en donde normalmente se tiene un viento con sentido dominante de mar a tierra durante el día.

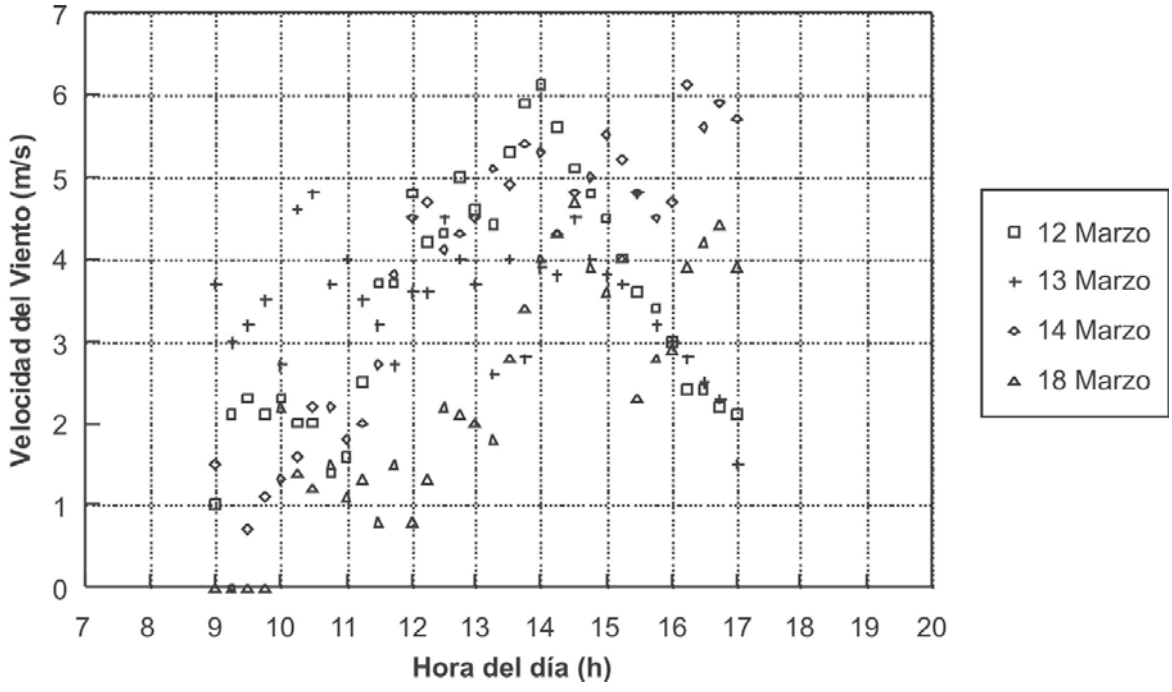


Figura 15. Velocidad del viento a lo largo del día para cuatro días de experimentación en campo.

La fig. 16 muestra las diferencias de temperatura de la cubierta y del ambiente para los cuatro días de experimentación.

Al medir el flujo másico del agua destilada producida en intervalos de 0.25 h y al multiplicar por la entalpía de evaporación a la temperatura de la cubierta (T_g) se estima el flujo de calor. Con éste se determina el coeficiente , al dividir entre la diferencia de temperaturas de la cubierta al ambiente. Ya que se tienen mediciones de viento para cada intervalo, entonces se puede establecer el valor del coeficiente como función de la velocidad media de viento. La fig. 17 muestra este resultado.

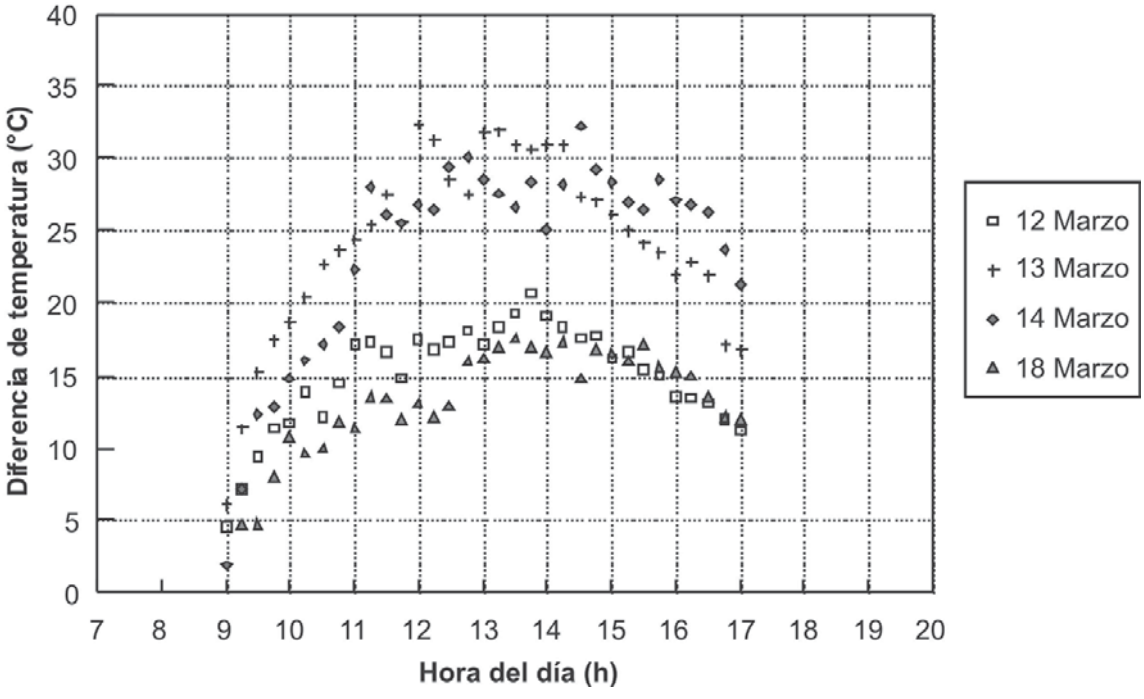


Figura 16. Diferencias de temperatura de la cubierta y del ambiente para el periodo de experimentación.

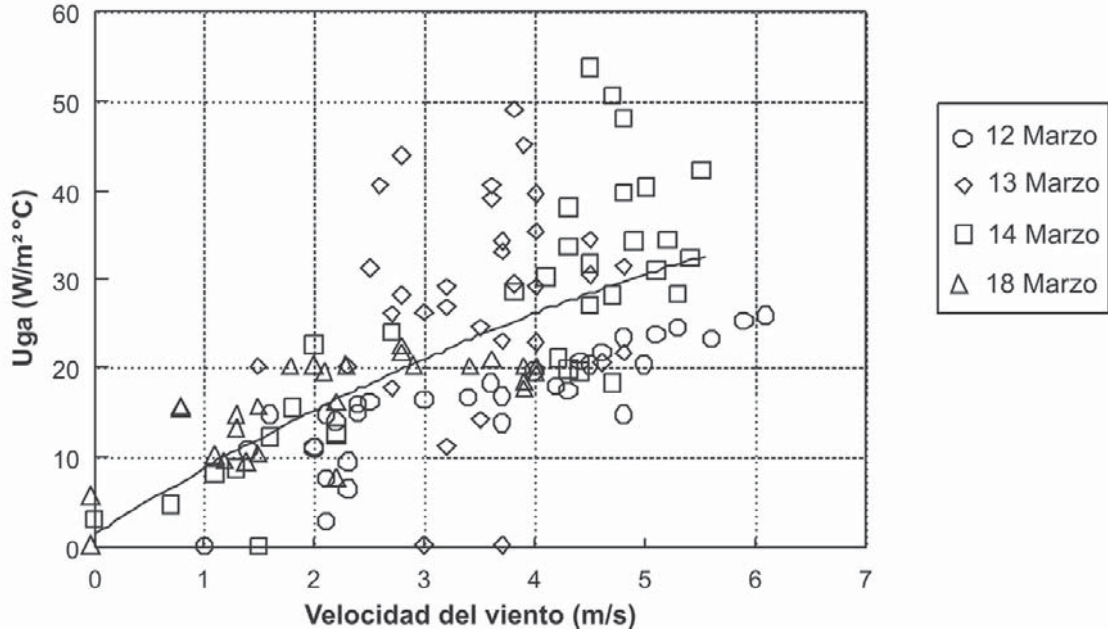


Figura 17. Coeficiente global de transferencia de calor entre la cubierta y el ambiente.

Capítulo IX

Mercados de Derecho de Agua: Una opción de ecodesarrollo en la Reserva de la Biósfera del Vizcaíno, B.C.S.

Fidel Cota Verdugo[2], Félix Alfredo Beltrán Morales[1], Tania Flores Azcárrega[2], Luis F. Beltrán Morales[2], Alfredo Ortega Rubio[2]

IX.1.Introducción

El agua es un recurso fuente de vida, única, particular, de naturaleza distinta a todos los demás - excepto el aire y el sol - al que los seres humanos han de recurrir para satisfacer sus necesidades vitales, individuales y colectivas. Su carácter de único está ligado, entre todos los factores, al de ser insustituible. El carbón puede ser substituido por el petróleo, el petróleo por la energía nuclear; se puede sustituir el arroz con el maíz, o utilizar el tren en lugar del avión, pero no se puede sustituir el agua para vivir.

El agua pertenece a la vida y corresponde a la humanidad asegurar su gestión colectiva en el sentido de una utilización, conservación y protección basada en el respeto del derecho a la vida para todos los seres humanos y las otras especies vivientes, incluyendo las generaciones futuras.

Aunque pueda parecer paradójico, esta afirmación no es compartida por la gran mayoría de las clases dirigentes del mundo occidental. Ninguna Constitución nacional, ningún tratado internacional reconoce el agua como un bien común perteneciente a la humanidad. Todos están de acuerdo en reconocer que el agua (agua de lluvia, de los ríos y lagos) es un bien fundamental para la vida, pero se considera que a partir del momento en que se da una intervención humana para transformar el agua/recurso en agua/bien o en agua/servicio ésta ha de ser considerada principalmente como un bien económico, un bien comercial, que tiene un valor económico determinado en función del justo precio del mercado y, sometido, por tanto, a los procesos de apropiación y de uso privado.

[1] Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Ciencias Agropecuarias
[2] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Programa de Planeación Ambiental y Conservación.

Quizá uno de los temas más debatidos en la actualidad, está en relación con la política del agua, debido a la necesidad que las sociedades tienen de su utilización para el desarrollo y la subsistencia. Los resultados de una incorrecta gestión del agua o una utilización de la misma sin criterios de conservación, tienen tales consecuencias que hoy podemos asegurar que la gestión hidrológica es algo que no hemos concientizado en el tiempo y el espacio.

En los próximos 20 años, si las tendencias actuales no son radicalmente modificadas especialmente en lo que se refiere a los sistemas de producción (agrícola, en particular), que están destruyendo o deteriorando fuertemente los recursos hídricos del planeta dado que se basan en: prácticas de irrigación agrícola intensiva, con altas pérdidas de agua, con fuerte salinización de los terrenos y falta de tecnología de punta que contribuya al ahorro del recurso en periodos de escasez. Entre otros factores estas prácticas han sido las más incisivas en el agotamiento de mantos acuíferos subterráneos.

Los precios que se han de asumir y pagar para asegurar el acceso al agua, su utilización, su conservación y protección son múltiples y de diversa naturaleza: humana, económica, social, política, individual, colectiva y ambiental. Esto significa concretamente que cada sociedad ha de asegurar colectivamente el conjunto de los costos necesarios e indispensables para la obtención, el consumo, la conservación, la distribución, la utilización y el reciclaje de las aguas con el fin de proporcionar y garantizar el acceso de base al agua para todos.

Quizá con el principio aceptado de que el agua es un bien de todos, no le prestamos toda la atención que precisa, consideramos una obligación de otros superar los problemas que se presenten y, sin embargo, los hechos nos confirman la necesidad de acometer acciones correctamente enfocadas para obtener su máximo aprovechamiento

El manejo del agua en México requiere de nuevas instituciones que definan con claridad derechos de uso o propiedad, fortalezcan la certeza jurídica y permitan el intercambio a través de mercados transparentes, donde el estado asegure que se minimicen los efectos externos y la afectación de intereses públicos, y ofrezcan políticas que garanticen e induzcan su uso sustentable y económicamente eficiente. Se propone la participación del sector privado a través de la implementación de Mercados de Agua.

La desaparición de los subsidios en el costo de la energía eléctrica para el bombeo del recurso, resulta prioritario ya que para el agua de uso agrícola no hay precio, es gratis. El subsidio energético contribuye aún más al desperdicio y manejo ineficiente del recurso en este sector. (Céspedes., et., al., 1998).

En México la distribución del agua presenta un comportamiento asimétrico mientras que en la región del sureste se precipita el 70% con el 25% de la población; en la región norte y el altiplano solo se precipita el 30% del total y alberga al 75% del total de la población.

Comprendido el estado de Baja California Sur en esta región y con características meteorológicas particulares, disponemos de un recurso hídrico limitado y sobre todo errático en su comportamiento, el fenómeno de las precipitaciones, es prácticamente asimétrico, como bien podemos esperar precipitaciones en fechas determinadas, estas se niegan, aunque con

un grado mayor de certeza, las épocas de huracanes son más efectivas; tanto que los picos más altos de precipitación se encuentran en los meses de septiembre y octubre, época definida por el Sistema Metereológico Nacional, como la de mayor incidencia de éstos meteoros..

El mayor consumo de agua en Baja California Sur, es en la agricultura, por lo que es conveniente aplicar otro tipo de medidas a los problemas de escasez, que no sean exclusivamente aumentar la oferta del recurso cuando aumente la demanda.

Pese a los problemas de escasez que se da en nuestro estado, el incremento de la demanda de agua para la expansión del riego es importante, lo que hace plantearse la necesidad de un nuevo modelo de gestión que recoja las señales de escasez necesarias y que fomente el ahorro de agua y cambio tecnológico.

El Mercado de Agua puede aportarnos soluciones a este problema, ya que en un mercado va a intervenir el agente que lo desee, y el precio que se obtiene del recurso tiende a acomodar la oferta y la demanda de mercado.

Uno de los principios propios del correcto funcionamiento de los mecanismos del mercado es aquel de que los bienes (factores de producción o productos/ servicios) sean preferentemente sustituibles; de aquí la función de los precios relativos que reflejan el valor de utilidad comparada entre bienes y servicios intercambiables. Poder escoger entre diversos bienes de naturaleza diversa o de la misma naturaleza, pero diferentes en términos de precio, de calidad, etc., es fundamental para el mercado. Aquí radica, se dice, la libertad del consumidor y del productor. El mercado de agua adopta estas funciones económicas y permite transar el recurso bajo los principios de la economía buscando la optimización del recurso a través de un precio. Aunque el agua es un recurso que no tiene sustitutos, como tal, puede adecuarse aun mercado libre de oferta y demanda.

Oficialmente la Comisión Nacional del Agua, publica el estado que guardan las diferentes regiones y cuencas del país y la disponibilidad de sus reservas acuíferas.

IX.2. Mercados de Derechos de Agua

El mercadeo de derechos de agua está considerado una buena alternativa de política para optimizar el uso de recursos escasos. También proveen mecanismos para posponer obras costosas mediante la reasignación de las disponibilidades de agua existentes mediante su asignación, por un precio, a usos de rentabilidad superior.

Los mercados de agua son una característica distintiva del sistema legal del Oeste Norteamericano. En California, Nevada y Utah los derechos de agua se pueden transferir con independencia de los derechos sobre tierras. En otros estados, como Arizona el agua se puede solo transferir como un accesorio a los derechos sobre tierras. En estos estados la reasignación de derechos de agua es, con la sola excepción de los problemas de calidad de aguas, la materia política más importante del oeste árido.

El sistema norteamericano de transferencia de derechos de agua difiere fundamentalmente del sistema adoptado en América del Sur por la legislación chilena o por el

código presentemente propuesto para el Perú, inspirado en el sistema chileno. En el sistema norteamericano como se dijera no se concibe un derecho de aguas válido desvinculado del uso efectivo y beneficioso de las aguas objeto del derecho. Las aguas no usadas efectivamente no pueden transferirse, pues a su respecto no existe derecho alguno.

En la legislación norteamericana el uso efectivo y beneficioso es la fuente, la causa, la medida, la razón de ser, y la condición fundamental de los derechos de agua. No se pueden transferir derechos no efectivos ni utilizados, porque los mismos simplemente no existen.

Con este principio la legislación norteamericana trata de prevenir enriquecimientos especulativos, donde una persona o una firma, obtenga beneficios por el solo hecho de servir de intermediario en la comercialización de un bien del dominio público del estado o de la nación. Los aspectos de prevención de monopolios.

IX.2.1. Requisitos de los mercados de derechos de agua

Conforme a Anderson, el reconocido y prestigioso tratadista norteamericano, para que una reasignación de aguas sea procedente se requieren los siguientes requisitos fundamentales:

Las aguas se deben haber usado efectiva y beneficiosamente con anterioridad a la transferencia, y se deben continuar usando efectivamente y beneficiosamente con posterioridad a la misma.

La reasignación no deber perjudicar otros usuarios y debe ser en el interés del público, según sea autorizado administrativamente.

Las transferencias fuera del área de origen (cuenca) no son autorizadas.

IX.2.2. Argumentos en pro de la regulación de mercados de aguas.

El tema de los mercados de derechos de agua no esta exento de discusiones. Mientras que un buen número de expertos de alta reputación abogan por su implantación, otros igualmente reputables expresan algunas reservas y condicionamientos. El condicionamiento más importante es que existe preocupación en cuanto a los efectos de concentración que el mercadeo produce, pues son generalmente los usuarios con más recursos los que compran los derechos de los usuarios con menos poder económico. Con esto se satisfacen los objetivos de optimización económica, pero hay preocupaciones en cuanto a los efectos sociales, y ecológicos de los procesos de concentración.

El futuro de las comunidades rurales estructurado alrededor de los usos agrícolas. Así, se ha afirmado que el sistema vigente de mercados de agua, es incapaz de resolver los conflictos vinculados a las transferencias de una manera equitativa.

La complejidad de los mercados de agua es tal que los procesos de transferencia se ven afectados por una serie de factores, entre los que cabe incluir:

· la prioridad del derecho transado;

- las características y el perfil de comprador y vendedor;
- la flexibilidad geográfica en el uso del derecho transferido;
- la importancia económica de la operación;
- la confiabilidad del derecho;
- los volúmenes de agua transferido;
- las características del comprador;
- las temporalidades de captación del recurso;
- los ciclos agrícolas.
- el patrón de cultivos.
- las economías regionales donde la operación toma lugar.

Las complejidades de los mercados han hecho que un número importante de expertos reclamen que los mercados de derechos de agua, donde existan, sean adecuadamente regulados. Así, Babbit afirma: "La ausencia de control y regulación en materia de mercados de agua resulta en Darwinismo económico-los grandes y poderosos prevalecerán".

Mientras que estas posiciones de caución son razonables y entendibles, puesto que en pocos casos las leyes económicas juegan roles absolutos es una construcción económica que no tiene contrapartida en el mundo real, Lo cierto es que también se pueden dar ejemplos en los que la rigidez en el sistema de asignación de aguas (en conjunción con otros factores institucionales, macroeconómicos y sociales) ha resultado en asignaciones ineficientes de recursos, sobreproducción de productos sin demanda efectiva, inversiones innecesarias en infraestructura, y en algunos casos la quiebra masiva de ciertas economías regionales en América del Sur.

IX.3. El Mercado de Derechos de Agua en el Contexto Nacional e Internacional.

IX.3.1 Antecedentes

Un mercado es un foro de intercambio de bienes y servicios, en donde demandantes y oferentes se ponen de acuerdo a través de un precio determinado para maximizar sus utilidades y ganancias. Para el caso del agua y más precisamente para asignar los derechos de agua, el intercambio de estos derechos a través del mercado puede ser un medio, hasta ahora no explorado lo suficiente en México, para asignar eficientemente el recurso.

Tradicionalmente en nuestro país la asignación de derechos por uso o aprovechamiento del agua o por el suministro de servicio del líquido a través de un sistema de aprovechamiento de agua ha obedecido a criterios distintos, todos de tipo administrativo, que se fundamentan en diversas doctrinas de derecho público y se resumen en los principios: del derecho ribereño, el de apropiación previa, y más recientemente la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento plantean la idea de que se tendrá preferencia por la asignación del agua, cuando haya varios interesados: el que ofrezca mejores términos y condiciones de aprovechamiento, racionalidad y un mayor beneficio social y económico.

Sin embargo, la nueva legislación plantea la posibilidad de desarrollar un mercado de derechos de agua en los que por primera vez se separa el título de la propiedad del agua de la tierra y se permite cuando las condiciones hidrológicas lo permitan y no afecte derechos de terceros, el cambio incluso de uso, previo dictamen de la autoridad competente, siempre y cuando también no sea en distinta cuenca hidrológica o acuífero.

Es necesario aclarar que aunque formalmente se han realizado algunas operaciones de intercambio y mercadeo que incluso se han registrado, éstas han sido mínimas. Si se sabe que ha operado con mucha frecuencia y desde hace tiempo, una especie de "mercado negro" del cual obviamente no se tiene ningún control.

Por todo lo anterior resulta necesario explorar las posibles características y beneficios que pudieran considerarse para la apertura e impulso de un mercado formal de derechos, que tenga como propósito fundamental el logro de una asignación más eficiente del agua y una mayor equidad en las acciones de responsabilidad en el desarrollo hidráulico y en las externalidades positivas y negativas de los propios usuarios que participan en ese desarrollo

En este trabajo se trata de inferir, aunque sea todavía de manera general las características que debe tener un mercado del agua, particularmente un mercado de derechos en el distrito de riego número 066 del Valle de Santo Domingo.

Al efecto se definen algunos lineamientos económicos fundamentales que se deben de observar, el objeto de la transacción, los sujetos que participan, las motivaciones que permiten sustentarlo, las distinta temporabilidad de vigencia de las transmisiones transadas, las diversas modalidades que se pueden prever, las condiciones administrativas mínimas y de regulación en el arranque o impulso de un mercado (en tanto se proponen modificaciones legislativas, que consideren más libertad y consideraciones básicas de tipo económico).

Finalmente podemos considerar para efectos de implementación del Mercado de Agua tres modalidades básicas:

1. Cuando la dotación del agua que recibe un agricultor le resulta insuficiente y compra en el mercado la cantidad adicional que requiere.
2. Cuando la totalidad del agua que recibe el agricultor es vendida en el mercado, ya que el precio que alcanza el recurso es superior a la productividad marginal del agua
3. Cuando el agricultor vende solo una parte del agua, sin cambio en la producción agrícola.

IX.3.2. Lineamientos Económicos Fundamentales

La asignación de derechos puramente administrativos reviste el riesgo si no se tiene la información y capacidad necesaria, de dejar en la voluntad y criterio de pocos decisores, la definición sobre la mejor manera de asignar los derechos, invocando un criterio personal y subjetivo aduciendo motivos de interés público.

IX.3.3. Requisito de los Mercados de Derechos de Agua

Recurso, precio, compradores, vendedores y el regulador

IX.3.4. Objeto del Mercado de Derechos de Agua

La compra venta de derechos de riego.

IX.3.5. Sujetos que Participan en el Mercado de Derechos de Agua

- Comprador
- Vendedor
- Regulador

IX.3.6. Comprador

El comprador de los derechos que es aquel que requiere de cierto volumen de agua, de la cual carece o la posee insuficientemente, para realizar alguna actividad productiva o satisfacer una necesidad elemental de consumo y estima que comprando los derechos por el volumen que necesita logra la satisfacción de una necesidad determinada, perfectamente cuantificable

De tal manera que presupone, aún con cierta incertidumbre, que el beneficio que recibe por la compra de los derechos es cuando menos igual o mayor al costo de obtenerla y por tanto estima que la transacción de compra le conviene.

El comprador pues tiene que asumir un cierto grado de incertidumbre pues tiene que esperar y en su caso confirmar que la rentabilidad de la compra supere el precio pagado al vendedor como los costos de transacción y transporte. Y también tendrá que valorar la posibilidad de recurrir a una fuente alternativa de más fácil o menor costo de acceso.

Necesariamente para estimar el precio de venta de los derechos se tiene que asociar entre otras cuestiones el valor de mercado del bien o servicio que se produce con el agua.

IX.3.7. Vendedor

El vendedor de los derechos que es aquel que está dispuesto a ceder una parte o la totalidad de sus derechos legalmente adquiridos en forma temporal o definitiva a un tercero o comprador. Las razones de vender dichos derechos pueden ser variadas: cuenta con excedentes: es decir, estima que sólo necesita una porción del volumen asignado, ya sea que introduce en sus sistemas de captación y distribución, algunas prácticas de ahorro, rehúso o tecnología de uso eficiente. También puede optar por cambiar el uso original a uno menos consuntivo o bien se dedica completamente a otra actividad, que considera más satisfactoria o que le redunda mejores ganancias y que no requiere del uso de los volúmenes asignados. Desde el punto de vista económico el vendedor opta por ceder sus volúmenes a terceros interesados, cuando el beneficio que recibe por la venta de los derechos es cuando menos igual o mayor al que tendría por la utilización de dichos volúmenes. Es decir el vendedor cuando recibe una oferta de un determinado precio éste debe ser suficiente cuando menos para igualar las

rentabilidades sacrificadas debido a los derechos de agua a los que ha renunciado. "La venta es la estructura de mercado preferida cuando el objetivo es satisfacer cambios de demanda permanentes". (Howitt, 1997).

Hay suficientes razones para intuir que en México hay un mercado potencial de vendedores conformado principalmente, por los que se dedican a la agricultura de riego y de compradores del mismo ramo con opciones también de usos municipales e industriales.

IX.3.8. Regulador

Es la representación del gobierno, de las asociaciones de usuarios o comités hidráulicos de los distritos y unidades de riego; o en una etapa avanzada de los organismos de cuenca que deben tener como orientación principal lograr una asignación y uso eficiente del agua en una determinada cuenca o acuífero.

Debe tener como objetivo fundamental en sus decisiones el logro de un aprovechamiento sustentable del agua que beneficie a un mayor número de usuarios, apoyar el desarrollo económico regional y lograr una distribución proporcional y equitativa del recurso en el distrito o unidad de riego. En un momento dado el ente regulador podría someter a licitación pública y renta por subasta algún stock de derechos de agua que recupere o expropie en zonas vedadas o de disponibilidad del agua escasa, o salvaguardar una parte de los derechos, para garantizar los requerimientos mínimos de reserva ecológica.

IX.3.9. Compra y Venta de Derechos Temporal o Definitiva.

La compra venta de los derechos puede ser temporal o definitiva. Pudiera ser por el tiempo de un ciclo agrícola o para satisfacer ciertos faltantes del líquido o se puede presentar la posibilidad de la transmisión permanente de los derechos a otro usuario. Las transmisiones temporales o renta de derechos no requieren el traslado de dominio de los derechos en forma definitiva al comprador. El órgano regulador, aprovechando la compra venta de los derechos puede ser parcial, es decir por un determinado volumen asignado o total por todo el volumen concesionado. Cuando la posee, la infraestructura de cabeza podrá comprar en forma temporal excedentes de agua cíclicos y almacenarlos y utilizarlos para prevenir efectos de escasez o sequía posteriores. En realidad cuando el agua se compra temporalmente o se arrienda lo que se está transmitiendo es el recurso pero no los derechos. Pues el arrendador conserva el título y luego al expirar el contrato tiene que devolverlo al arrendatario.

IX.3.10. Motivaciones que Ejercen Sobre el Mercado.

IX.3.10.1. Del Vendedor

-Agua ociosa con riesgo de caducidad de los derechos.
-Cambio de cultivos con uso consuntivo menor.
-Ahorros de agua por uso más eficiente del recurso.
-Innovación tecnológica que permite liberar volúmenes

-Retiro de la actividad por cultivo de productos de costos relativos altos y precio de mercado castigados.

En todos los casos el vendedor busca racionalmente obtener mayores ganancias por la renta de sus derechos que por lo utilización en sus actividades de los volúmenes a los que legalmente tiene derecho.

IX.3.10.2. Del Comprador

-Imposibilidad técnica y legal para aumentar sus extracciones.
-Necesidad de expansión.
-Reorientación de cultivos.
-Mayor seguridad de suministro.

En todos los casos el comprador busca racionalmente obtener mayores ganancias por la compra de los derechos y su utilización puede quedarse fuera del mercado agrícola de riego.

IX.3.10.3. Del Regulador

-Lograr una asignación eficiente y equitativa del agua.
-Propiciar un mayor desarrollo hidráulico y económico regional.
-Liberar volúmenes y disminuir la presión por la sobreexplotación de fuentes.
-Garantizar la cuota natural de renovación del agua
-Facilitar y promover administrativamente las operaciones de compra- venta de derechos.

Habrá que separar aquí algunas características de transmisión temporal (arriendo) que se pueden presentar en los distritos de riego particularmente.
Puede ser por una temporada o un ciclo agrícola, pero puede prolongarse más, incluso varios años o lustros.

En el corto plazo un arriendo puede ser más barato que la transferencia o transmisión permanente, pero el agua puede fluctuar, así como el precio y el suministro solo se asegura hasta que expire el contrato y también los costos de transferencia pueden aumentar por la continua renovación y gastos de contratación, tampoco ofrece todas las seguridades al arrendatario porque un contrato de arrendamiento no constituye en estricto derecho un derecho de propiedad.

Sin embargo, esta posibilidad de arriendo pudiera ser una alternativa de corto plazo de funcionamiento de un mercado del agua ya que ofrece las ventajas de incentivar al arriendo riego de agua en terrenos vecinos o colindantes utilizando la misma infraestructura del distrito de riego sin grandes costos de transportación del líquido y probablemente se propiciaría un incentivo inmediato de buen uso del agua.

IX.3.10.4. Beneficios Esperados.

Tradicionalmente el manejo del agua en la agricultura se ha realizado a través de complejos arreglos institucionales.

Las soluciones obtenidas no siempre han sido socialmente eficientes. Por otro lado, podría suponerse que la asignación del agua a través del mercado mejoraría el bienestar de la sociedad en su conjunto.

Cada agricultor recibe una dotación de agua por parte del gobierno y decide intercambiarla en función de los beneficios que obtenga. Bajo el supuesto que el costo del agua para los agricultores es inicialmente bajo, dado el subsidio que otorga el gobierno en su consumo, ante la posibilidad de venderla, los agricultores con cultivos con baja productividad podrían encontrar conveniente, dado el supuesto de maximización de beneficios, vender agua a los productores de cultivos más productivos y por lo tanto utilizar menos agua.

El agua sobrante, la diferencia entre la dotación y la demanda, se vende a un comprador que a su vez estaría dispuesto a pagar el valor de la productividad marginal de su producto, obviamente los productores con cultivos con productividad marginal mayores estarían dispuestos a pagar más por el agua y por lo tanto el agua sería vendida en primer lugar a estos productores hasta el punto en el que el nuevo precio del agua iguale al valor de la productividad marginal del cultivo.

Ante este nuevo precio cada vez más productores estarían dispuestos a vender agua, superando probablemente la necesidad de compra del cultivo más productivo, con lo cual el proceso continuaría con el cultivo que tuviera un valor inmediatamente inferior al más alto, hasta el punto en el que el precio del agua fuera tal que la disposición a comprar agua fuera igual a la disposición a ofrecer.

IX.4. Funcionamiento de Los Derechos de Agua.

IX.4.1. Introducción

México cuenta con 105 millones de habitantes, una superficie de casi dos millones de kilómetros cuadrados y una precipitación media anual de 777 milímetros, lo cual equivale a una disponibilidad per cápita promedio de 4,750 metros cúbicos por año, cantidad suficiente de acuerdo a los estándares internacionales, pero su desigual distribución en espacio y tiempo así como la escasez de agua con la calidad requerida para los diferentes usos, derivan en frecuentes conflictos entre usuarios y regiones.

La problemática fundamental que se presenta en los principales usos del agua, es la siguiente:

Uso Público – Urbano.- Hay niveles elevados de rezago en la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el medio rural (36% sin agua potable y 68% sin drenaje). Además, las tarifas por la prestación del servicio son bajas y no incluyen el costo de saneamiento del agua. Finalmente, hay una escasa cultura de pago por la prestación de los servicios.

Uso Agrícola.- El sector agrícola es el mayor consumidor de agua en el país, y el que presenta menor eficiencia en su uso. Adicionalmente, se requiere intensificar la modernización y rehabilitación de la infraestructura agrícola, y consolidar la infraestructura de riego y temporal tecnificado.

Uso Industrial.- El problema principal es la contaminación de cuencas y acuíferos por las descargas de aguas residuales industriales y el uso de agroquímicos entre otros.

En el Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000 del Gobierno Mexicano, se establece como premisa fundamental, lograr el desarrollo económico en equilibrio con el medio ambiente, en donde el agua juega un papel prioritario.

Los principales foros internacionales relacionados con el agua coinciden en que la escasez natural del agua se agrava por el despilfarro y la contaminación, lo cual amenaza cuatro aspectos fundamentales de la seguridad humana:

- La producción de alimentos.
- La salud humana.
- El equilibrio de los ecosistemas.
- La estabilidad social, económica y política.

IX.4.2. Marco Legal

La Constitución Política de 1917 establece en el artículo 27, que las aguas son propiedad de la nación, incluyendo las del subsuelo y que solo pueden usarse mediante concesión otorgada por el Ejecutivo Federal. En 1926 se promulgó la Ley sobre irrigación con aguas federales, enfocada al uso del agua con fines agrícolas, dando lugar a la construcción de los grandes distritos de riego en la zona norte del país.

La creciente demanda de agua para los diferentes usos, requería de una nueva ley que contemplara y regulara el uso del agua, por lo que en el año de 1972 se publica la Ley Federal de Aguas y se emite el primer reglamento en materia de prevención y control de la contaminación.

Después de veinte años, la Ley Federal de Aguas ya no respondía plenamente a los problemas que se generaron al intensificarse el uso y contaminación del recurso, por lo que el Ejecutivo Federal envió al H. Congreso de la Unión la iniciativa de la Ley de Aguas Nacionales que una vez aprobada, entró en vigor el 2 de diciembre de 1992.

En la Ley de Aguas Nacionales se reafirma el principio de que el uso de las aguas se realizará mediante concesión que otorgará el Ejecutivo Federal a través de la Comisión Nacional del Agua, destacando entre los objetivos más importantes, los siguientes:

- Regular el uso de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su calidad, para lograr el desarrollo sustentable del recurso.
- Administrar integralmente el agua, en cantidad y calidad, considerando tanto las aguas superficiales como las subterráneas.
- Tomar como marco de referencia para la planeación y manejo del aprovechamiento

del agua a la cuenca hidrográfica.
- Propiciar una mayor participación de los usuarios en el aprovechamiento y administración del recurso, a través de los consejos de cuenca.
- Establecer el mercado de agua a través de las transmisiones de concesiones que se regulan mediante el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA).

En las concesiones otorgadas, se establecen los derechos y obligaciones que tienen los usuarios con relación al uso o aprovechamiento de las aguas nacionales; de igual manera, para verter aguas residuales a cauces, ríos, lagos o el mar, se requiere un permiso en el cual se indican los valores máximos permisibles de las sustancias contaminantes que puede contener la descarga.

La Ley de Aguas Nacionales integra diversos instrumentos básicos que permiten el adecuado manejo del recurso, destacando los siguientes:

Regulatorios: Define los derechos y obligaciones de los usuarios para el uso y descarga de agua y establece los plazos y términos para el cumplimiento de la ley, así como las sanciones y medios de defensa para el usuario.

Reconoce la necesidad de establecer "caudales ecológicos".
El Gobierno Federal puede reservar los volúmenes de agua requeridos para garantizar el interés público.

Económicos: Establece la obligación del pago de derechos por el uso de aguas nacionales o por la prestación de servicios a cargo de la Comisión Nacional del Agua y que los derechos de uso del agua puedan comercializarse a través de un mercado regulado.
Participativos: Considera la participación de la sociedad a través de los consejos de cuenca, instancias de coordinación entre los usuarios, autoridades federales, estatales y municipales, cuya finalidad es aprovechar el recurso en las condiciones que defina la sociedad.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) está integrada por 10 títulos, 124 artículos y 13 artículos transitorios. Las principales actividades que regulan la Administración de los Usos del Agua se encuentran contempladas en los títulos Cuarto, Sexto, Séptimo y Décimo de la LAN.

El Título Cuarto contempla la definición de las aguas nacionales, así como el procedimiento para otorgar concesiones y asignaciones para el uso o aprovechamiento de las mismas. Adicionalmente, incorpora los derechos y obligaciones de los concesionarios, la obligatoriedad de efectuar la inscripción de los títulos de concesión en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), y las posibilidades para efectuar transmisiones de derechos

de agua.

El Título Sexto de la LAN se refiere a los usos del Agua, y establece las condiciones para obtener asignaciones para uso público urbano por parte de los sistemas estatales o municipales de agua potable y alcantarillado, así como las disposiciones generales para utilizar el agua en actividades agrícolas, a través de concesiones otorgadas a ejidos, comunidades, distritos y unidades de riego. Por último, señala las disposiciones para el uso del agua en otras actividades productivas (industria, acuacultura, turismo, etc.)

El Título Séptimo de la LAN hace referencia a la prevención y control de la contaminación de las aguas, estableciendo las medidas y acciones necesarias para proteger la calidad del agua, a través del control de las descargas de aguas residuales.

Por último, el Título Décimo, se refiere a las sanciones que considera la LAN por las infracciones a las disposiciones legales.

IX.4.3. Procedimiento para Otorgar Concesiones y Permisos

El proceso para otorgar concesiones y permisos para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales o bien para obtener el permiso para descargar aguas residuales a los cuerpos receptores de propiedad nacional, se inicia con la solicitud del usuario, misma que se recibe en las ventanillas únicas de la CNA.

Al contar con el expediente integrado, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) dictamina y autoriza o niega la concesión o el permiso, en función de la disponibilidad del agua y de la carga contaminante del acuífero; en caso positivo, se informa al usuario que su solicitud fue autorizada y se emite el título de concesión o permiso respectivo.

Por otra parte, la Ley de Aguas Nacionales establece en sus artículos 30 y 31, que para controlar la emisión de concesiones, asignaciones y permisos, así como las prórrogas, suspensiones, modificaciones, terminaciones y los actos y contratos relativos a la transmisión total o parcial de su titularidad, todos los títulos deberán inscribirse en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). Lo anterior, con el objeto de que los documentos y actos inscritos puedan surtir efectos legales frente a terceros y frente a la propia Comisión, brindando la seguridad jurídica necesaria a los usuarios de aguas nacionales y como un medio de control para apoyar la toma de decisiones en la programación hidráulica.

En este sentido, todo título de concesión o permiso emitido, deberá inscribirse en el REPDA. Una vez hecha la inscripción, el título se regresa a la ventanilla única de origen para ser recibido por parte del usuario.

IX.4.4. Caducidad de Volúmenes de Agua

De acuerdo al artículo 27 de la LAN, los volúmenes de agua concesionados a los usuarios que no son utilizados durante tres años consecutivos, deben caducarse, situación que impedía el uso eficiente y el ahorro de agua por parte de los usuarios. Por ello, para incentivar a los usuarios que han mejorado sus procesos industriales y de servicios, y para darle un uso

más eficiente al agua e impulsar el tratamiento y rehúso de las aguas residuales, en 1997 se realizaron algunas modificaciones al Reglamento de la LAN, señalando los casos en que no opera la caducidad de los volúmenes.

Actualmente, los principales casos en los que la caducidad no opera son los siguientes:

- Caso fortuito o de fuerza mayor.
- Construcción de obras de infraestructura para usar más eficientemente el agua.
- Cuando se cuente con capacidad instalada suficiente, pero no se esté utilizando el volumen de agua total, porque se reserve para futuro crecimiento o expansión.
- Cuando se requieran más de tres años para contar con la infraestructura e instalaciones necesarias para aprovechar el volumen total del agua concesionada.

Para que proceda lo anterior, el usuario deberá dar aviso por escrito a la CONAGUA, dentro de los 30 días hábiles siguientes al día en que se de el supuesto respectivo, con el fin de que la CONAGUA compruebe la existencia de dicho supuesto y emita la constancia. En caso de que la CONAGUA no emita la constancia dentro de los 60 días hábiles siguientes al día en que se presentó el aviso, se darán por aceptados los supuestos. Cabe aclarar que si el usuario no avisa a la CONAGUA dentro del plazo establecido, caducan los volúmenes de agua no utilizados.

Otro aspecto importante que afectaba el desarrollo del mercado de derechos de agua, y con ello, el uso eficiente del recurso, era la normatividad relativa a la transmisión de derechos.

IX.4.5. Transmisiones de Derechos

En los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, para efectuar una transmisión de derechos se debe considerar lo siguiente:

· El usuario que transmite debe tener título de concesión vigente, debidamente inscrito en el REPDA. (Art. 64 RLAN).

· Si es agua subterránea, los volúmenes adquiridos se deben seguir extrayendo del mismo acuífero y si es superficial, de la misma cuenca. (Art. 64 RLAN).

· Se puede transmitir el total del volumen o parte de éste, ya sea en forma temporal o definitiva. (Art. 88 RLAN).

· En el caso de transmisiones dentro de los distritos de riego, éstas se realizarán en los términos que establezca el reglamento del propio distrito, y no es necesaria la autorización de la CNA. (Arts. 50 y 51 LAN y 91 RLAN).

Asimismo, las autorizaciones de las transmisiones de títulos de concesión, se deben sujetar de manera general a lo siguiente: (Art. 33 LAN).

· En el caso de simple cambio de titular, cuando no se modifiquen las características del

título de concesión, procederá la transmisión mediante un simple aviso de inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua, que deberá ir firmado por el cedente y el adquirente.
· Se requiere autorización previa de la CONAGUA. en los siguientes casos:

a) Cuando se modifiquen las características del título
b) Cuando se puedan afectar derechos a terceros, o bien se puedan alterar o modificar las condiciones hidrológicas o ecológicas de las cuencas o acuíferos.

Uno de los principales problemas que se presentaban en el Reglamento de la LAN, consistía en que los derechos para uso del agua se tenían que transmitir conjuntamente con la tierra, y la modificación consistió en permitir que los usuarios efectúen la transmisión en forma separada del derecho de propiedad de la tierra, incluyendo la factibilidad del cambio de uso. (Art. 72 RLAN).

Esto facilitará a su vez, que se amplíe la capacidad de las plantas productivas, impulsando la creación de nuevas fuentes de empleo. Asimismo, propiciará reducir los costos de transacción que implica el tener que comprar tierra que no va a ser utilizada.

IX.4.6. Ley Federal de Derechos

El uso eficiente del agua y la preservación de su calidad, también se puede inducir mediante instrumentos económicos. Estos instrumentos están fundamentados en el Art. 31 de la Constitución Mexicana, que en su fracción IV establece la obligación de los mexicanos de contribuir para el gasto público de la Federación, del Distrito Federal, Estados y Municipios en que residan, de la manera proporcional y equitativa que dispongan las leyes.

En este sentido, existe otra disposición legal que es fundamental para lograr el uso eficiente del agua y la preservación de su calidad: La Ley Federal de Derechos. Esta Ley fiscal se basa en el principio de que "el que usa el agua la paga" en función de la disponibilidad del recurso y "el que contamina paga".

En el caso del que contamina, la Ley Federal de Derechos establece el pago del derecho por uso o aprovechamiento de cuerpos receptores de propiedad nacional de descargas de aguas residuales. El importe a pagar depende de la concentración de contaminantes, el volumen de agua descargado, así como del uso del agua del cuerpo receptor en donde se realiza la descarga y su capacidad para asimilar la contaminación. Es conveniente destacar que el objetivo de esta contribución no es recaudar, sino propiciar el saneamiento de los cuerpos receptores de agua, de tal manera que los usuarios que presenten sus proyectos para adecuar sus procesos productivos y/o construir plantas de tratamiento para mejorar la calidad del agua de sus descargas no pagan, así como tampoco aquellos que cumplen con las normas de calidad.

Se han promovido cambios a la Ley Federal de Derechos desde 1989, ya que existe la facilidad de que el H. Congreso de la Unión realice adecuaciones anualmente. Entre las principales modificaciones destacan:

- Ajustes en las cuotas para que tiendan a reflejar el costo de oportunidad del recurso.
- Inclusión de contribuciones que coadyuven al tratamiento de las aguas residuales.
- Disminución en las cuotas de los servicios de trámite para obtener concesiones a los usuarios de escasos recursos.
- Adecuaciones en las cuotas para usos no consuntivos como el sector eléctrico.

IX.5. Formas de Transferencia de los Derechos.

IX.5.1. Mercados de aguas: opciones políticas para su aplicación.

Podríamos definir un mercado de agua como "todo marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando unas reglas establecidas al respecto, a cederlos voluntariamente a otro usuario a cambio de una compensación económica" (Sumpsi et al., 1998).

En virtud de esta definición, podemos concluir que los mercados que pueden desarrollarse para gestionar de manera más eficiente el agua, no son homogéneos, sino que pueden presentar múltiples formas de organización. Efectivamente, la implantación de mercados de agua, desde el punto de vista de la política económica permite determinar una serie de variables que definen sus características básicas, permitiendo con ello que pueda afrontarse de forma específica las peculiaridades de la gestión del agua en las distintas zonas donde se aplican.

En este sentido, la experiencia internacional nos ofrece ya un amplio conjunto de conocimientos, con la sucesiva introducción de mercados en los estados del oeste de los Estados Unidos (Colby, 1995), Chile (Rosegrant y Binswanger, 1994), California (Howitt, 1997), Australia (Pigram et al., 1992) o México (Easter y Hearne, 1995) como Novedosas políticas de demanda del recurso agua.

El estudio de las particularidades de los mercados de agua en estos países, nos han permitido detectar un total de ocho variables definitorias de los mismos, tal y como se muestra en la tabla. Cada una de ellas dispone de distintas opciones alternativas políticas de aplicación 22 en total, cada una con sus ventajas e inconvenientes, y que en cada caso el legislador y/o investigador deberá elegir para su aplicación concreta en el ámbito geográfico correspondiente.

IX.5.2. Modelo de Variables Definitorias de los Mercados de Agua y sus Alternativas Políticas de Aplicación.

Variables definitorias de los mercados de agua	Alternativas políticas	
A.- Asignación inicial de derechos transferibles	A.1.- Sistema de derechos adquiridos	
	A.2.- Subastas	
	A.3.- Sistema de asignación mixto	
B.- Duración de los derechos del uso del agua	B.1.- Permanentes	
	B.2.- Temporales	
C.- Forma de transferencia de derechos	C.1.- Venta	
	C.2.- Arrendamiento	
	C.3.- Contrato de opción	
	C.4.- Realización de inversiones en equipos de capital	
D.- Sistemas asignativos del agua en períodos de escasez	D.1.- Norma prioritaria	
	D.2.- Norma proporcional	
E.- Tratamiento de la información de mercado	E.1.- Homogeneizar la información	
	E.2.- Posibilidad de intermediación privada	
	E.3.- Establecer agencias de transacción	
F.- Tratamiento de las externalidades	F.1.- Efectos sobre el caudal de retorno	F.1.1.- Establecer acuerdos cooperativos
		F.1.2.- Establecer derechos sobre el caudal de retorno
		F.1.3.- Planificación hidrológica
		F.1.4.- No consideración de caudales de retorno
	F.2.- Efectos sobre el propio caudal	F.2.1.- Política pública reguladora
		F.2.2.- Política pública basada en el mercado
	F.3.- Efectos sobre la zona de origen	F.3.1.- Compensación monetaria
		F.3.2.- Control público de transferencias
G.- Consideración de los costos de transporte	G.1.- Financiamiento público	
	G.2.- Financiamiento privado	
H.- Instrumentos para solucionar las imperfecciones de mercado	H.1.- Norma de pertenencia	
	H.2.- Doctrina del uso efectivo y beneficioso	
	H.3.- Tarifación	

IX.5.3. Asignación Inicial de Derechos Transferibles de Uso del Agua

La asignación inicial de derechos de uso del agua es un tema importante dentro de los mercados de agua, puesto que de ella dependerán los impactos distributivos que generen las transacciones de mercado (Colby, 1996 y Lee y Jouravlev, 1998). Además, la elección de dicha asignación inicial es fundamental para evitar el rechazo que del mercado de agua podría producirse tanto por parte de los agentes implicados como del Conjunto de la sociedad.

No obstante, conviene señalar que el mecanismo de reparto inicial de derechos elegido es una decisión política relacionada con el problema de distribución de rentas y la equidad, más que con la propia eficiencia asignativa del agua. Efectivamente, esta cuestión no afecta a la eficiencia, pues como la Teoría Económica y las experiencias muestran, sea cual sea el procedimiento seguido para asignar los derechos, si el mercado es competitivo y funciona correctamente, siempre se llega a la máxima eficiencia en el uso del recurso, permitiendo el ajuste de las variaciones de oferta y demanda a corto y Largo plazo (Lee y Jouravlev, 1998).

Podemos distinguir tres posibles métodos de asignación inicial de los derechos de uso del agua, como son el sistema de derechos adquiridos, las subastas y el Sistema de asignación mixto.

El sistema de derechos adquiridos suele ser la alternativa más utilizada cuando se introducen los mercados de agua, distribuyendo los derechos entre los usuarios tradicionales de los mismos. Suele basarse en el registro histórico o en otros parámetros como la posesión de la tierra a la hora de organizar el reparto de derechos (Thobani, 1997 y Garrido, 2000a). Otro método de asignación es el de las subastas, donde el gobierno oferta los derechos de uso del agua organizando una subasta entre los usuarios potenciales, de la cual se obtiene un valor inicial de esos derechos (precio de subasta) en función de las demandas existentes en el momento de la oferta pública (Maestu, 1997 y Lee y Jouravlev, 1998). No obstante, para evitar movimientos especulativos, la administración puede fijar precios mínimos y máximos, fuera de cuyo rango no se distribuye derecho alguno. Este sistema puede incidir en la equidad del reparto de derechos, dependiendo del método que se elija para su diseño. No obstante, como característica fundamental, esta alternativa permite equilibrar la oferta y la demanda de derechos de uso del agua de forma más equitativa que el resto, debido a que la riqueza procedente de los derechos se transfiere de los nuevos usuarios a la sociedad en su conjunto, evitando riquezas aleatorias. Esta forma de asignación se ha utilizado únicamente en Australia a finales de los años ochenta (Lee y Jouravlev, 1998 y Ariño y sastre, 1999).

Por último, existe el sistema de asignación mixto, el cual consiste en reservar derechos de uso del agua a los usuarios ya existentes antes de instaurar el sistema de mercado, ofreciéndoles precios preferenciales o permitiéndoles pagar su valor a plazos. Los derechos de uso de los recursos que quedasen libres después de cubrir las demandas de los usuarios tradicionales podrán sacarse a subasta para permitir la entrada de nuevos participantes en el Mercado (Lee y Jouravlev, 1998).

De los tres sistemas anteriores, nos centramos únicamente en el primero como sistema elegido para el caso de estudio. Así, a continuación se comentan las características fundamentales del método de asignación basado en los derechos adquiridos.

La ventaja principal de este método de asignación respecto a otros sistemas es que disminuye el grado de conflictividad y la oposición de los usuarios ante la introducción del mercado de agua. La mayoría de los usuarios existentes suelen ser agricultores que argumentan que al adquirir sus propiedades, han pagado de forma implícita un precio por el derecho a usar el agua (Garrido, 2000a). Por ello, al considerar que "el agua ya es suya", cualquier otro procedimiento que implicase el pago de cantidades adicionales presentaría un gran rechazo social y político hacia esta reforma normativa de la gestión del agua.

Entre los inconvenientes de este método podemos destacar los siguientes:

- Este sistema tiende a perpetuar los patrones ineficientes de uso del recurso actuales, ya que los usos históricos del agua no tienen que ser precisamente los de mayor valor. En este sentido, es importante destacar la falta de incentivos que pueden tener determinados agentes, fundamentalmente los usuarios, a vender agua ante el miedo a que, según la normativa vigente, se le pueda recortar el volumen de la concesión sin compensación alguna. De esta manera, por la falta de seguridad jurídica del derecho (concesión), se estaría fomentando la continuidad del uso del agua en actividades con grandes costos de oportunidad. Además, por el mismo motivo, se puede retrasar el cambio tecnológico, puesto que los derechos de uso histórico suelen ser muy generosos y los usuarios no tendrán incentivos para instalar tecnologías ahorradoras del agua (Garrido, 2000a). No obstante, si el mercado funcionase correctamente, esta distribución inicial ineficiente se verá modificada hasta que se alcance la eficiencia distributiva (uso del agua en las actividades de mayor rentabilidad).
- Puede aparecer la figura de los monopolistas, al concentrarse en manos de grandes usuarios una proporción considerable de derechos de uso del agua, lo cual puede conducir a la competencia imperfecta y hacia las prácticas monopolísticas en la gestión del recurso (Thobani, 1997).
- Aumenta el riesgo de manipulación estratégica, ya que aquellos usuarios con concesiones "latentes", prácticamente sin uso actual, pueden recuperar sus extracciones sólo con el fin de lograr más derechos de uso, para después poder especular con el recurso. La consecuencia de esto, será un incremento de la demanda agregada del agua (Garrido, 2000a).

IX.5.4. Duración de los Derechos de Uso del Agua

La duración de los derechos de uso del agua juega un papel determinante la caracterización de dichos derechos como "vendibles" (Lee y Jouravlev, 1998). Efectivamente, en términos de Teoría Económica se habla de un único mercado cuando el bien o servicio intercambiado

es homogéneo. En caso contrario se trataría de mercados diferentes, si bien pueden estar interrelacionados (bienes y servicios heterogéneos, pero sustituibles entre sí). En este sentido el establecimiento de la duración de los derechos marcará el grado de heterogeneidad de los mismos, y con ello el correspondiente fraccionamiento del mercado.

El interés de esta variable como definitoria de los mercados está relacionado con los costos de transacción a los que induce. Efectivamente, cuando los derechos pueden tener distinta duración, siendo por tanto productos heterogéneos, se incrementan los costos de transacción, dificultándose de esta manera las transferencias (Garrido, 2000b). La posibilidad de adquirir distintos derechos de uso de agua en función de su duración, siempre que estas transacciones conlleven la venta definitiva del derecho, requerirá invertir en tiempo e información para poder comparar la relación de los "distintos" derechos con sus respectivos precios.

La Ley de Aguas Nacionales en su artículo No. 24: "El termino de la concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales no será menor de cinco ni mayor de treinta años", y podrá prorrogarse hasta por igual termino y características del titulo vigente por el que se hubiere otorgado. La legislación dispone que cuando llegue el momento se renovarán de forma casi automática así pues, podemos considerar que, en la práctica, los derechos de uso son de carácter permanente.

B.1 Los derechos de uso permanentes tienen una ventaja fundamental, que se concreta en que simplifican la organización del mercado al disminuir los costos de transacción, como consecuencia de tener los derechos de uso una naturaleza

B.2 homogénea (misma duración). Además, con respecto a los derechos de uso temporales, presentan igualmente la ventaja de la seguridad jurídica, proporcionando incentivos para invertir a largo plazo en la gestión y conservación de los recursos hídricos (Lee y Jouravlev, 1998).

Esta variable sólo es importante de cara al establecimiento de un mercado de agua cuando las transferencias de derechos se puedan realizar mediante la venta definitiva de los mismos. Así, el problema de la heterogeneidad de los derechos, y los costos implícitos que ello conlleva, no afectan al mercado de agua.

IX.5.5. Transferencias de Derechos

Las transferencias de derechos de uso del agua, pueden hacerse de distintas formas, en función de la estructura del mercado y de las consideraciones legales realizadas al efecto. Así, se puede optar por la venta definitiva de derechos, por su arrendamiento, por la celebración de contratos de opción o por la realización de transacciones de agua a cambio de inversiones en equipos de capital.

La venta de derechos suele utilizarse para satisfacer cambios permanentes en la demanda de recursos hídricos (Howitt, 1997). El arrendamiento, por su parte, conlleva la venta del recurso pero no de los derechos (se transfiere el agua correspondiente al derecho durante un período de tiempo concreto). El contrato de opción es un acuerdo para arrendar un derecho de agua en presencia de una determinada contingencia, como puede ser una sequía. Así, por ejemplo, una empresa de abastecimiento urbano, para asegurarse una determinada dotación de agua en una situación de sequía, podría realizar un contrato de opción con un agricultor para cubrirse de dicha contingencia a un precio acordado por anticipado (Garrido, 2000a). Por último, también se pueden realizar transacciones de agua en las cuales el comprador, en vez de pagar una cantidad de dinero, se compromete a financiar inversiones en el equipo de utilización del vendedor a cambio de adquirir los caudales ahorrados como consecuencia de dicha mejora (Sumpsi et al., 1998).

La posibilidad de establecer mercados de opción o de futuros (es decir, se negocia la compra-venta de determinados volúmenes de agua por adelantado; esta compra que se utilizara pasado cierto tiempo), permite redistribuir mejor el riesgo entre los agentes del mercado del agua con distinta aversión al riesgo, y que por tanto asocian distintas pérdidas económicas a las disminuciones de agua disponible (Maestu, 1997 y Garrido, 1999). Estos contratos de opción se realizarán al ser ventajosos para ambas partes. Al arrendador le permite salvaguardar su suministro de agua a largo plazo, recibir una compensación financiera por la opción y mantener su acceso al agua cuando dicha opción no se ejerce. Por otra parte, al arrendatario este sistema le ofrece seguridad en el suministro, proporcionando una cantidad de agua adicional cuando ocurra la contingencia especificada al precio acordado (Garrido, 2000a).

IX.5.6 Sistemas de Asignación del Agua en Períodos de Escasez

Debido a la irregularidad climatológica se producen fuertes variaciones en la cantidad de recursos hídricos disponibles. Estas alteraciones en las disponibilidades de agua exigen ineludiblemente la existencia de un sistema de reasignación de recursos en períodos de escasez. El mecanismo que se diseña para este reparto del agua en períodos de sequía climatológica también es una variable a tener en cuenta a la hora de definir la aplicación
De los mercados del agua.

Los sistemas asignativos de agua tienen como finalidad proporcionar una mayor seguridad de suministro (seguridad física) a los poseedores de derechos de uso; es decir, proporcionar una mayor confianza a los usuarios sobre la disponibilidad del volumen de agua que aparece especificado en los derechos que poseen, y que por tanto les es permitido extraer. Esta seguridad de suministro lo que origina es un incremento de valor de aquellos derechos cuyo suministro sea menos variable que los demás. Además de esta seguridad de suministro, los sistemas asignativos también ofrecen una seguridad jurídica a los tenedores de los derechos, lo cual se concreta en garantizarles que sus derechos no podrán ser restringidos

o afectados por la acción particular de otros usuarios. Esto incentivará a los usuarios a invertir y a conservar los recursos hídricos (Easter y Hearne, 1995; Carles, 1997 y Lee y Jouravlev, 1998).

En este contexto, el legislador puede optar por dos alternativas para distribuir el volumen de agua existente entre todos los usuarios: bien establecer una prioridad de usos cuando existan grandes variaciones, o bien utilizar un sistema proporcional, repartiendo el total del agua disponible entre los usuarios en función del porcentaje de derechos que posea cada uno.

El sistema de derechos prioritarios establece un orden de prioridades a la hora de repartir el agua en períodos de carencia. Estas prioridades pueden definirse en función de distintos parámetros como puede ser el tiempo, prevaleciendo el derecho del usuario más antiguo. De esta forma, los derechos de uso de fecha más antigua tendrán precios más elevados en el mercado que los derechos de uso de fecha más reciente (Colby et al., 1993).

El otro sistema asignativo de agua que podría utilizarse es el sistema proporcional, donde los derechos de uso se definen en función del agua disponible. Los usuarios tendrán la misma prioridad para acceder al agua disponible, en relación con el porcentaje de derechos que posean, de forma que todos los usuarios de una misma comunidad compartirán la inseguridad frente a los suministros variables (Lee y Jouravlev, 1998).

La partida que más se ve recortada normalmente, es la correspondiente al sector agrícola, puesto que es el mayor consumidor del agua disponible, con la utilización de aproximadamente un 80 por ciento del total de recursos hídricos.

El primero de los problemas procede de que los agricultores, dentro del mercado, tienen la posibilidad de emplear más eficientemente el agua (aumento de la eficiencia técnica de los sistemas de riego), vendiendo aquélla que no les sea necesaria para el desarrollo de su actividad productiva. Sin embargo, podrían mostrarse reacios a participar en las transacciones de mercado por temor a que una decisión de la Administración pueda cancelar la parte de su concesión que intercambian, ya que con la venta muestran que "no la necesitan" (Garrido, 2000a).

El otro problema derivado de la prioridad de usos es que ésta induce a la fragmentación del mercado, ya que se impiden las transferencias de derechos entre usuarios de distinta preferencias, siempre que el comprador sea de menor prioridad que el vendedor (Embid, 2000, Garrido, 2000ª y Rieta 2000).

5.7. Tratamiento de la Información de Mercado

Una de las mayores dificultades metodológicas de la economía del agua es conocer su valor, entendiendo éste como el costo de oportunidad del recurso (el costo que se asume al no destinar el agua a su mejor alternativa de uso). Efectivamente este costo es muy variable de un usuario a otro (por ejemplo, entre un uso agrícola y un uso industrial) y, por un mismo usuario, de un momento temporal a otro (por ejemplo, en invierno y en verano). La obtención

de esta información, clave para la asignación eficiente del agua sería prácticamente imposible en un sistema como el existente anteriormente (de concesión administrativa sin posibilidad de intercambios), ya que requeriría recurrir a fuentes de información directas de los usuarios de manera continuada, lo cual sería financieramente inabordable (Easter y Hearne, 1995). Sin embargo, el mercado, a través de su propio funcionamiento, proporcionará la información relativa al costo de oportunidad del agua de forma gratuita.

El mercado del agua, por tanto, puede ayudar a justificar estas posibles deficiencias al permitir mejorar el acceso a esta información básica a través de dos vías principalmente (Lee y Jouravlev, 1998):

Permite transmitir información de forma generalizada sobre el costo de oportunidad a todos los usuarios de una comunidad; incluso aquéllos que no quieran participar en el mercado, recibirán información sobre la escasez del recurso a través de los precios (Garrido, 1999). En el régimen administrativo anterior, donde no se contemplaba la posibilidad de mercados de agua, la señal de escasez que percibía el usuario procedía de la tarifa a pagar, que era insensible a las variaciones de la oferta y la demanda, lo cual no permitía una eficiente asignación del agua.

El mercado también consigue disminuir los costos para adquirir una información fiable sobre el valor del agua (precio de mercado), lo cual ayudará a los usuarios a la hora de tomar decisiones para mejorar la gestión, adoptar nuevas tecnologías, incrementar la reutilización del agua, etc.

La producción y difusión de información relativa al valor del agua posee características de los bienes públicos, tales como la imposibilidad de exclusión y la no rivalidad en el consumo de la misma, siendo difícil lograr que no haya asimetrías en ella. Se hace pues necesario mejorar la información de los agentes sobre el valor real del agua, es decir sobre su escasez, para lo cual el mercado puede ser una buena opción (Randall, 1981).

En esta línea el legislador podría optar por tres posibilidades para mejorar la información que reciben los usuarios del mercado: homogeneizar dicha información, posibilitar la actuación de intermediarios privados y establecer centros de intercambio.

Por una parte sería conveniente lograr una *homogeneización de la información* de mercado, para lo cual sería necesario eliminar aquellas variables que afectan a la diferenciación de los derechos, y que proceden de las directrices legislativas, como son el sistema de prioridades de uso, la duración de los derechos y la obligación de ser concesionario para poder participar en el mercado. Con ello se conseguiría que fuese más fácil acceder a la información, al simplificarse el funcionamiento del mercado, siendo más sencillo obtener información puesto que el comprador potencial (concesionario o no) no tendrá que discriminar su búsqueda entre distintos vendedores porque existan problemas derivados de la prioridad de usos o de la duración de los derechos.

También podría optarse por potenciar la existencia de *intermediarios privados* del agua, puesto que éstos al conocer perfectamente quiénes ofertan y/o demandan agua, conocen cuál es la oferta más barata, los volúmenes disponibles por diferentes ofertantes y las necesidades de diferentes demandantes, etc. Este conocimiento, daría mayor agilidad al mercado (Ariño y Sastre, 1999). La dificultad de desarrollo de este servicio de intermediación se deriva de la estrechez de los mercados de agua, que provocaría que la intermediación de éstos no resultase rentable de forma estrictamente privada.

Por último, otra posibilidad del mercado de agua para disminuir los costos relacionados con la información son las *agencias de transacción*, que pueden ser de dos tipos: "bolsa" o "banco". Las primeras consisten en un centro de contratación donde cada usuario haría públicas sus ofertas y demandas individuales de agua, de forma que se pudieran "casar" operaciones de compra-venta de forma automática, a unos precios competitivos (cotizaciones).

Las agencias tipo "banco", por su parte, consisten en un sistema de "ventanilla" donde a un lado estaría la Administración, que actúa como obligado intermediario en todas las transacciones, ofertando o adquiriendo volúmenes a un precio determinado y, por otro lado, se encontrarían los usuarios que deseasen intercambiar derechos de agua.

Este tipo de centros de intercambio presentan una serie de ventajas (Garrido, 2000a):

Al estar gestionado por la Administración, el Banco de Aguas favorece un resultado equitativo, información pública y el cumplimiento de la ley. Además, se agiliza la gestión de las aguas públicas de manera más efectiva que con los contratos de cesión efectuados directamente entre particularü Este mecanismo de intercambios vía centros de intercambio podría obviar la preferencia de usos en el reparto del agua, evitándose así asimetrías en el mercado. Por tanto, un demandante agrícola podría obtener un volumen adicional de agua (al precio ofertado) si lo hace a través del Banco de Aguas sin ningún problema. Esto no sería posible si fuese un acuerdo entre particulares al incumplir la prioridad de usos.

Se posibilita la celebración de contratos de opción, por los que los Organismos de Cuenca podrían acumular derechos de opción de compra anticipándose a la campaña de riegos, y posteriormente ejecutarlos si es necesario. De esta forma los Bancos de Agua podrían funcionar no sólo en épocas de sequía sino de forma permanente.

IX.5.8. Tratamiento de las Externalidades.

El intercambio de derechos en el mercado de agua puede originar una serie de efectos externos, tanto sobre terceros como sobre el medio ambiente. Al igual que ocurre con cualquier otra actividad productiva, las transferencias de agua acarrean una serie de beneficios y de costos. De todos ellos, los agentes directamente implicados en la operación sólo tendrán en cuenta, lógicamente, los de carácter privado. Así el poseedor de los derechos accederá a venderlos o arrendarlos siempre que el precio percibido supere

los costos originados por la pérdida productiva que conlleva la no utilización del recurso en su actividad. Por otra parte, el comprador hace un razonamiento similar, y no accede a la compra si los beneficios (aumento de productividad) que el uso de las cantidades adicionales de agua le proporciona no superan el costo que origina el precio a pagar por la misma. Con ello, tal y como nos demuestra la Teoría Económica, el equilibrio se lograría cuando el precio del bien iguale a las productividades marginales de todos
los agentes del mercado.

Sin embargo, en las operaciones de compra-venta de agua pueden aparecer externalidades, tanto positivas como negativas, que no son tenidas en cuenta por los agentes privados (Garrido, 1994; Easter y Hearne, 1995 y Jordan, 1999). Internalizar estos efectos externos es condición imprescindible para alcanzar la eficiencia económica. En caso contrario, si bien las transacciones de agua, al ser voluntarias, siempre representan un beneficio para vendedor y comprador, pueden generar una serie de costos sociales y ambientales que suponen una pérdida de bienestar para el conjunto de la sociedad. No obstante, también conviene señalar que esta internalización supondrá unos mayores costos de transacción a los que deberán hacer frente los agentes y, por tanto, una limitación al desarrollo de las operaciones (Jordan, 1999).

La existencia de externalidades en las transacciones de agua y su correspondiente internalización puede controlarse de forma privada, en estos mercados, cuando un particular se ve afectado por las operaciones de compra-venta de determinados usuarios, éste puede acudir a los tribunales de justicia para reclamar una compensación por los costos que éstos le producen. Este procedimiento presenta como mayor inconveniente el incremento de los costos de transacción del mercado del agua. Otro inconveniente de este sistema es su falta de equidad, ya que aquellos afectados que no tengan recursos para iniciar el correspondiente trámite judicial no serán protegidos de las externalidades producidas por los agentes implicados en las transacciones (Nunn e Ingram, 1996).

IX.5.9. Efectos sobre la zona de origen

Los efectos negativos que se pueden producir, pueden analizarse no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde un punto de vista social, puesto que la disminución de la actividad económica de la zona llevará asociada una pérdida de población, con las consiguientes consecuencias sobre el tejido social de la región (pérdida de caracteres culturales, abandono y despoblamiento del territorio, etc.).

En lo que se refiere a las consecuencias económicas, hay que señalar como aspecto positivo la eficiencia asignativa, al destinarse el agua a los usos de mayor valor. Sin embargo, no hay que olvidar que también afectará negativamente a la zona de origen, puesto que, como consecuencia de las transacciones de agua pueden producirse pérdidas de renta en actividades económicas, derivadas de la disminución de la disponibilidad de agua (Nunn e Ingram, 1996). Asimismo, estas pérdidas pueden llevar asociadas, en ocasiones, situaciones

de desempleo estructural prolongado en la zona (Young y Haveman, 1985). Esta situación no perjudicará únicamente a los usuarios que transfieran sus dotaciones, sino a la sociedad de la región en su conjunto.

También pueden producirse una serie de efectos sociales negativos, como resultado de las transferencias de agua (Lee y Jouravlev, 1998). Estos efectos pueden llevar asociados dos fenómenos que afectarán a la región de origen como consecuencia la migración selectiva de los más capaces. Esto puede llegar a amenazar seriamente el estilo de vida rural de aquellas zonas rurales que tradicionalmente han dependido de la agricultura de riego, debido a la erosión de la actividad económica que mantiene el tejido Social y cultural de la zona.

IX.6. Instrumentos para Solucionar las Imperfecciones de Mercado.

El mercado presenta una serie de virtudes como método de asignación eficiente del agua entre los distintos usos, sobre todo en aquellas situaciones en las que el recurso escasea. Sin embargo, en ocasiones, puede darse la situación poco deseable de que las transferencias de derechos ocasionen una serie de distorsiones de mercado, amenazando así al correcto funcionamiento del mismo y la asignación eficiente de recursos que de él se espera. Esta serie de fallos de mercado que podemos encontrarnos, se pueden resumir en la presencia de mercados estrechos, las prácticas Monopolísticas, la especulación y el acaparamiento.

Los mercados estrechos son aquéllos en los que se producen pocas transacciones de derechos de uso del agua, de forma que el funcionamiento competitivo del mercado se abandona en favor de la negociación particular entre los usuarios que deseen intercambiarse caudales, constituyendo un monopolio bilateral (Saleth y Braden, 1995). Por su parte, los comportamientos monopolísticos provocan que los precios dejen de ser una señal que refleje la escasez del recurso, amenazando por tanto, la eficiencia del mercado como instrumento asignativo (Lee y Jouravlev, 1997 y Thobani, 1997). Otras imperfecciones de mercado que pueden afectar a las transacciones de agua son, por una parte, la especulación, siempre que los intermediarios privados retengan los derechos de uso del agua más tiempo de lo necesario (Easter y Hearne, 1995). Por otra parte, también será perjudicial el acaparamiento de derechos por parte de los usuarios (como medio defensa ante los posibles riesgos que existen en la disponibilidad del recurso) llevando esta situación a una disminución del número de operaciones que se realizan en el mercado y, por tanto, también de los beneficios potenciales del mismo (Lee y Jouravlev, 1997).

Para justificar los efectos que puedan suponer estas distorsiones de mercado en la reasignación de los recursos hídricos, se pueden emplear una serie de instrumentos políticos, tales como la norma de pertenencia, la doctrina del uso beneficioso y la tarifación.

IX.6.1. Norma de pertenencia.

La primera de ellas, la *norma de pertenencia*, consiste en ligar los derechos de uso del agua a las tierras que se riegan con ella, de modo que si un usuario quiere transferir de forma

permanente sus derechos de uso también deberá transferir las tierras adheridas a ellos. Esto aplica, para tratar de evitar la especulación con los derechos. Sin embargo, en la práctica, ha causado una serie de problemas relacionados con la reducción del número de transacciones que se realizan en el mercado, debido al incremento de costos que supone transferir no sólo el derecho sino también la tierra asociada.

IX.6.2. Doctrina de uso beneficioso.

Otra medida a adoptar podría ser la *doctrina del uso beneficioso*, que se basa en que el uso final del recurso deberá ser generalmente reconocido y socialmente aceptable. De esta forma, la cantidad de agua utilizada no podrá ser más de la realmente necesaria, evitando así la posibilidad de que se produzcan comportamientos monopolísticos o especuladores (Naciones Unidas, 1996). Esta doctrina conlleva pues, una definición de los usos del agua que podrán participar en la asignación inicial de derechos o en las transacciones de mercado. La aplicación de la doctrina del uso beneficioso afectará al uso eficiente de los recursos hídricos, puesto que se incrementa la rigidez del mercado como instrumento asignativo. Efectivamente, así debe de interpretarse, la restricción existente de que en las transacciones de mercado sólo podrán participar aquellos usuarios que tengan concesiones del mismo tipo y uso, es decir, el derecho que se transfiere deberá de ser utilizado por el nuevo comprador con el mismo fin que el poseedor anterior; se tratan de derechos de uso agrícola el fin entonces seguirá siendo agrícola.

IX.6.3. Tarifación.

Una tercera alternativa a aplicar para justificar las fallas de mercado, es *la tarifación*, a través de la cual se gravaría la tenencia de derechos de uso del agua. Con ello el tipo de gravamen a pagar dependerá de la cuantía y tipo del derecho (uso agrícola, pecuario, urbano, industrial, etc.), y no del volumen de agua realmente utilizado. La utilización de esta política de demanda, al igual que el mercado, fomenta la reasignación del agua a los usos de mayor valor y promueve la conservación de los recursos hídricos (Randall, 1981 y Thobani, 1997). Asimismo, también supondrá una fuente de ingresos para la Administración, los cuales podrían destinarse a mejorar las labores de control y gestión del agua. No obstante, la aplicación de esta alternativa muestra dos grandes inconvenientes. El primero de ellos se refiere a la determinación de la tasa óptima a pagar: en caso de ser demasiado elevada, puede llevar a desincentivar las inversiones y, si es demasiado baja, no tendrá ningún efecto sobre la gestión de los recursos hídricos. El segundo inconveniente de la aplicación de tasas procede del rechazo que generan las mismas entre los usuarios del agua, siendo una medida política bastante impopular (Randall, 1981; Pearce, 1989; Thobani, 1997 y Lee y Jouravlev, 1988).

En este sentido, debemos señalar como una buena iniciativa a desarrollar para la gestión del recurso la aplicación del binomio formado por el mercado y la tarifación, ya que combinados presentan ventajas importantes que mejorarán sensiblemente la gestión de

los recursos hídricos. Efectivamente, la utilización de tasas impositivas ayuda a reflejar el verdadero coste de las transacciones de derechos (Thobani, 1997). La aplicación de esta opción también contribuirá a evitar comportamientos especulativos y de acaparamiento, puesto que al ser mayor el costo del agua, ésta se usará, o sino, se venderá en el mercado debido al alto costo que representaría para los usuarios el hecho de tenerla almacenada.

Conclusiones

Luis F. Beltrán-Morales, Saúl Chávez-López
y Alfredo Ortega Rubio

En los Capítulos anteriores se han analizado a detalle los aspectos Geomorfológicos de las cuencas hidrológicas de la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno; la hidrológica superficial y la hidrología subterránea de esta Reserva; la calidad actual, y las tendencias, de la calidad del agua de sus mantos freáticos.

Estos 3 Capítulos representan por si mismos aportaciones que constituyen puntos de referencia con respecto a los aspectos clave, geofísicos, geoquímicos, para tomar decisiones respecto al manejo de los recursos hidrológicos superficial y subterráneo en esta Reserva de la Biosfera.

Aún mayores elementos, para fundamentar este manejo, se ofrecen en los Capítulos subsecuentes. Así, los Capítulos del análisis jurídico Institucional del recurso agua, del análisis económico de la estructura tarifaria y del análisis de los volúmenes de consumo por localidad dentro de la Reserva ofrecen el detalle de los aspectos legales, sociales y económicos que describen y explican los actuales patrones de consumo, y ofrecen alternativas para la modificación y racionalización de los mismos.

Finalmente el Capítulo de Valoración Económica del Recurso Hídrico analiza los aspectos del costo económico del agua, y del tipo de presiones a que está sometido el recurso agua, en función del tipo de uso, del número de habitantes y de diversificación de las actividades productivas.

En esencia en esta Obra se compendian las bases que llevan a una Gestión Integral del Recurso Agua en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno. Considerando que la misma es la más extensa, y la más árida, de Baja California Sur, y una de las áridas y extensas de México, los resultados de este trabajo generan estratégicas recomendaciones que esperamos sean tomadas en cuenta por todas las autoridades que, en la materia, concurren en el manejo de esta Reserva de la Biosfera.

Esperamos también, sinceramente, que los resultados de cada uno de los Capítulos de este libro sean aplicados en los Planes y Programas de Manejo de la Reserva, y, asimismo, que sirvan como modelo a aplicarse en el Manejo Integral del recurso hídrico, de otras Áreas Naturales Protegidas de nuestro País.

Autores

Almendarez Hernández, Marco A. Candidato a Doctor en Ciencias Marinas y Costeras con orientación en manejo sustentable de los recursos naturales por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Apartado postal 23080. La Paz, B.C.S., México. Adscrito al Departamento de Economía. Email: almendar@uabcs.mx

Ángeles Villa, Manuel. Profesor Investigador de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Apartado postal 23080. La Paz, B.C.S., México. Departamento de Economía. Email: manan@uabcs.mx

Avilés Polanco, Gerzaín. Candidato a Doctor en Ciencias por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), y Maestro en Economía Aplicada por el Colegio de la Frontera Norte (COLEF). Adscrito al Departamento de Economía de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. (UABCS). Apartado Postal 23080, La Paz, B.C.S., México. Email: gaviles@uabcs.mx.

Beltrán Morales Félix A. Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. CIBNOR, S.C. México. Profesor – Investigador Titular en la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Departamento de Ciencias Agropecuarias, Apartado Postal 19-B, 23080, La Paz, B.C.S. E-mail: abeltran@uabcs.mx.

Beltrán Morales, José A. Profesor Investigador. Maestro en Ciencias Políticas y Administración por la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Apartado Postal 19-B, 23080, La Paz, B.C.S., México. Adscrito al Departamento de Ciencias Políticas y Administración. Email: jbeltran@uabcs.mx

Beltrán Morales, Luis F. Doctor en Ciencias Ambientales por el Centro EULA-Chile, de la Universidad de Concepción. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR, S.C.), Mar Bermejo N.195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, 23090. Miembro del Sistema

Nacional de Investigadores Nivel II. E-mail: lbeltran04@cibnor.mx

Borges Contreras, José. Profesor Investigador la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). Apartado postal 23080. La Paz, B.C.S., México. Adscrito al Departamento de Economía. Email: jborges@prodigy.net.mx

Cota Fidel Verdugo. Candidato a Doctor en Ciencias por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) Mar Bermejo N.195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, 23090. E-mail: fcota@cibnor.mx.

Chávez López, Saúl. Doctor en Ciencias del Mar Universidad Politécnica de Cataluña, España. Actualmente Investigador Asociado en el Programa de Planeación y Conservación Ambiental del Centro de Investigaciones Biológicas Noroeste, S. C. Email: schavez04@cibnor.mx.

Flores Azcárrega, Tania. Pasante de la Maestría en Administración y Gestión de Negocios por la Universidad Mundial Campus La Paz. Licenciada en Administración de Empresas por el Instituto Tecnológico de La Paz, B.C.S. Técnico del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR, S.C. Mar Bermejo N.195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México, 23090. E-mail: tflores@cibnor.mx.

García Rodríguez Felipe D. Doctor en Ecología por la Universidad de la República, Uruguay (PEDECIBA-DAAD). Investigador de la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. Prof. Adjunto Facultad de Ciencias - UdelaR Montevideo - Uruguay. Email: felipe.garciarodriguez@gmail.com.

Jaramillo Mosqueira, Luis Armando. Profesor de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Subdirector de Estadística, Econometría y Geomática del Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), correo electrónico: jaramil@ine.gob.mx.

Lagunas Vázquez, Magdalena. Candidato a Doctor en Ciencias Marinas y Costeras con enfoque en Manejo Sustentable de la zona costera, en la Universidad Autónoma de Baja California Sur UABCS. Email: mlagunas@uabcs.mx.

Martínez Salvador Martín. Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNOR, S.C. México. Investigador Titular del Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales y Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Av. Homero 3744, Fracc. El Vergel, Chihuahua, Chi. 31100, México. E-mail: martinez.martin@inifap.gob.mx.

Ortega Rubio, Alfredo. Doctor en Ciencias con especialidad en Ecología por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Investigador Titular E del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR, S.C.) Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III. Líneas de investigación: Ecología aplicada en la conservación, uso racional y manejo sustentable de recursos naturales renovables. Email: aortega@cibnor.mx

Salgado Beltrán, Lizbeth Licenciada en Comercio exterior (UABCS), Doctora en Investigación y Técnicas de Mercado por la Universidad de Barcelona, España Consultora independiente de investigación de mercados Líneas de investigación: análisis del consumidor, comportamiento del consumidor desde la óptica ecológica y satisfacción del consumidor Investigadora de la Universidad de Sonora.
Email: lizsb17@gmailcom

Troyo Diéguez Enrique. Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. CIBNOR, S.C. México. Investigador Titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, B.C.S. México, 23090. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel II. Email: etroyo04@cibnor.mx.

Referencias

Ariño, G. y Sastre, M. (1999): **Leyes de Aguas y política hidráulica en España**. Los mercados regulados del agua. Ed. Comares, Granada.

Ali H.M. (1993). "Effect of forced convection inside the solar still on heat and mass transfer coefficients". Energy Convers. and Mgmt., Vol. 34, No. 1, pp. 73-79.

Alvarez, M. Jr., 1962, Provincias Fisiográficas de la República Mexicana. Bol. de la Soc. Geol.Mexicana. V. 5, p. 131-139.

Angelier J., Colleta B., Chorowicz J., Ortlieb L., Rangin C., 1981, Fault tectonics of the Baja California peninsula and the opening of the sea of Cortez. Jour. Struct. Geol., Vol. 3 No 4, p. 347-357.

Aparicio-Cordero, E. y Avalos-Zermeño, A., 1977, Carta geológica-minera Guerrero Negro, Baja California Sur. México D. F., Consejo de Recursos Minerales, mapa escala 1:250 000.

Arrow, K. *et al.* **(1993).** *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation*, Washington, D.C.

Barnes, D, A., 1982, Basin analysis of volcanic arc derived Jura-Cretaceous sedimentary rocks, Vizcaíno Peninsula, Baja California Sur, México. University of California, Santa Barbara, disertación doctoral, 249 p. (inédita).

Baron, J. (1996). "Rationality y invariance: response to Schuman" en D. J. Bjornstad y J. R. Kahn (eds.): The Contingent Valuation of Environmental Resources. Methodological Issues and Research Needs. UK.

Barnes, D, A., 1984, Volcanic arc derived Mesozoic sedimentary rocks, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, In: Frizzell V. A., Jr., (ed.), 1984, Geology of the Baja California Peninsula. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific section, V. 39, p. 119-130. **Bergstrom, J.** *et al.* **1989**. Information effects in contingent markets. American Journal of Agricultural Economics. 71:685-691.

Berry, K. D., y Miler, P.L., 1984, Mezosoic biostratigraphy, Vizcaino Peninsula and Cedros Island, In: Frizzell, V. A., Jr, 1984, Geologyof the Baja California Peninsula. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific section, V. 39, p. 67-87.

Bigurra-Pimentel, E., 1998, Análisis Geoeléctrico de la Zona Geotérmica de las

TresVírgenes, B.C.S., México., Rev. Geotermia, CFE, Vol. 14-1 pp. 33-41.

Bishop, R. C. y Heberlein, T. A.. 1979. Measuring values of extra market goods: are indirect measures biased? American Journal of Agriculture Economics. 61:926-30.

Biswas K, 2001,

Boles, J. R. y Hickey, J. J., 1979, Eugenia Formation (Jura-Cretaceous), Punta Eugenia Area, In Abbott, P. L. And Gastil, R. G. Geological Society of American Meeting, San Diego California, p. 65-71.

Boyle K. J. y Bishop, R. C. 1988. Welfare measurements using contingent valuation: a comparison of techniques. American Journal of Agricultural Economics. 70:20-28.

Boyle K. J. *et al***. 1986.** Starting point bias in contingent valuation surveys. Land Economics. 61:188-94.

Brookshire, D. B. *et al***. 1976.** The valuation of aesthetic preferences. Journal of Environmental Economics and Management. 3:325-46.

Campa, M.F., y Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terrones and mineral resource distributions in Mexico. Canadian Journal of Earth sciences, v. 20, p. 1040-1050.

Castro-Leyva, T. J., Delgado-Argote, L. A. y García-Abdeslem, J. 2001, Geología y Magnetometría del Complejo Máfico-Ultramáfico Puerto Nuevo en el Área de San Miguel, Península de Vizcaíno, Baja California Sur., GEOS, Vol. 21-1, p. 3-21.

CFE, 1991, Comisión Federal de Electricidad. Interpretación de la Geología en la Zona Geotérmica de Las Tres Vírgenes, B.C.S., Con Objetivos Ambientales. Informe, Gerencia de Proyectos Geotérmicos. México, D.F.

CEPAL (1997a). *Creación de Entidades de Cuenca en América Latina y El Caribe*, LC/R. 1739, 10 de julio de 1997, Santiago, Chile.

CEPAL (1997b). *Contribuciones al Taller sobre Aspectos de la Privatización de las Empresas de Servicios Públicos Relacionadas con el Agua en las Américas*, LC/R. 1723, 26 de mayo de 1997, Santiago, Chile.

CEPAL (1996). *Informe de la Reunión del Grupo de Expertos sobre la implementación del Programa 21 en lo Relativo a la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en América Latina y El Caribe*, LC/G. 1927

(SEM. 85/3), 15 de mayo de 1996, Santiago, Chile.

CEPAL (1995). *La Privatización de Servicios Públicos Basados en Agua*, LC/R. 1486, 11 de enero de 1995, División de Recursos Naturales y Energía.

CIBNOR, 2003, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Programa: de Planeación y Conservación Ambiental, Informe proyecto: Estudios básicos, conservación de la biodiversidad y alternativas productivas en la Reserva de la Biosfera de El Vizcaíno, Capitulo de hidrología, Luis Brito Castillo y Lía Celina Méndez Rodríguez. La Paz B.C.S.

CNA, 2002, Comisión Nacional del Agua. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Vizcaíno Estado de Baja California. Informe, Subgerencia de Evaluación

y Modelación Hidrológica, México, D.F. 18 p.

CNA, (2002). *Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Maneadero, B.C.,* contratación a la empresa Desarrollo y Sistemas, S.A. para la elaboración de esta publicación.

CNA, (2003)a. *Manejo Sostenible del Agua y la Ordenación Territorial del Estado de Querétaro*, Informe OMM/PROMMA No. 157, Subdirección General Técnica, Gerencia del Programa *REFERENCIAS* 209 de Modernización del Manejo del Agua, Organización Metereológica Mundial, Programa de Modernización de Manejo del Agua (Promma).

C.N.A.,(2003)b, **Programa Hidráulico Regional 2002-2006**., Península de Baja California, Región I. Comisión Nacional del Agua., México. Pags 26-28

CNA, 2007, Comisión Nacional del Agua. Mapa de acuíferos. México, D.F., Subgerencia de Sistema de Información Geográfica del Agua (SIGA), (en http://siga.cna.gob.mx/Vector Mapas%20interactivos.aspx#indice)

CNA, (2002). Plan de Manejo Integrado del Agua para el Acuífero de Mandadero, B.C., contratación a la empresa Desarrollo y Sistemas, S.A. para la elaboración de esta publicación.

CNA, (2003). Manejo Sostenible del Agua y la Ordenación Territorial del Estado de Querétaro, Informe OMM/PROMMA No. 157, Subdirección General Técnica, Gerencia del Programa de Modernización del Manejo del Agua, Organización Metereológica Mundial, Programa de Modernización de Manejo del Agua (Promma). Comisión Nacional del Agua., Fuentes y Técnicas alternas para el Abastecimiento de Agua., "**Diagnóstico sobre alternativas para mejorar el abastecimiento de agua en zonas áridas costeras, en el noroeste de México.,** Krober Jurgen., Comisión Nacional del Agua, Centro para Migración y Desarrollo Internacional de Alemania. México, DF., Diciembre 2001.

CRM, 1997a, Consejo de Recursos Minerales. Carta Geológico-Minera Guerrero Negro G11-3, esc. 1: 250,000.

CRM, 1997b, Consejo de Recursos Minerales. Carta Geológico-Minera Santa Rosalía G12-1, esc. 1: 250,000.

CRM, 1998c, Consejo de Recursos Minerales. Carta Geológico-Minera San Isidro G12-4, esc. 1: 250,000.

CRM, 1999, Consejo de Recursos Minerales. Monografía Geológico-Minera del Estado de Baja California Sur. Pachuca, Hgo. Méx. 237 p.

Crisis de los Recursos Hídricos., Capitulo II., Asit., Innovaciones mexicanas en el manejo del agua., Barkin David (comp.) México, 2001, pp 28-33, Gospa ed. Colby B.G. (1999): **"¿Funcionan los mercados de agua?. Transacciones de mercado y conflictos en los estados del suroeste".** En F. Aguilera Klink (ed.): *Economía del agua*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 221-256.

Colby, B. G.; Crandall, K. y Bush, D. B. (1993): **Water right transactions: market values and price dispersion**. Water Resources Research, 29 (6) pp. 1565-1572.

Colby, R. G. (1995): **Water reallocation and valuation voluntary and involuntary transfers in the Western United States** en K. M. Carr y J. D. Crammond (eds.): Water law: trends, policies, and practice pp. 112-126. ABA, Sonreel.

Colby, B. G. (1996): **¿"Funcionan" los mercados de agua? Transacciones de mercado y conflictos en los estados del suroeste** en F. Aguilera (ed.): Economía del agua pp. 221-256 Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Cooper P.I. (1969). "Digital simulation of transient solar still processes". Int. J. of Solar Energy, Vol. 12, pp. 313-331.

Cummings, R. G. *et al.* **1994.** Substitution effects in CVM values. American Journal of Agriculture Economics. 76:205-14.

Del Ángel, A., A. Rebolledo, J. Villagómez y R. Zetina. (2009). "Valoración del servicio ambiental hidrológico en el sector doméstico de San Andrés Tuxtla, Veracruz, México", *Estudios Sociales*, Vol. 17, No. 33, enero-junio, pp. 225-257.

Demant, A. 1981, Plio-quaternary volcanism of the Santa Rosalía area, Baja California, México. In: Geology of northwestern México and southern Arizona, field guides and papers, L. Ortlieb & J. Roldán (eds.). Inst. Geol. Univ. Nal. Autón. México (Hermosillo). P. 295-307.

Demant, A. 1984, The Reforma caldera, Santa Rosalía area, Baja California. A volcanological, petrographical and mineralogical study.

Demant, A., and Ortlieb, L., 1981, Plio-pleistocene volcano-tectonic evolution of La Reforma caldera, Baja California, México. In: recent cristal movements 1979, P.

DGIAI, 1983, Dirección General de Integración y Análisis de la Información. Geología de la Región Noroeste de México. Méx. D.F. 79 p.

Dourojeanni, A. (2004). *Análisis de la Situación de la Creación de Entidades de Cuencas en América Latina,* forma parte de la versión ampliada y corregida del artículo "Si sabemos tantosobre qué hacer en materia de gestión integrada del agua y de cuencas ¿Por qué no lo podemos hacer?" elaborado para la Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas del Instituto Nacional de ecología de la Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Seminario "Gestión Integral de Cuencas: teoría y práctica, junio de 2004, México, D.F.

Dourojeanni, A. y Jouravlev, A., (2002). "Evolución de Políticas Hídricas en América Latina y El Caribe", Serie recursos naturales e infraestructura No. 51, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, Santiago, Chile.

Dunkle R.V. (1961). "Solar water distillation: The roof type still and a multiple effect diffusion still". Int. Devel. in Heat Transfer, Part V, pp. 895-902.

E. Troyo-Dieguez, S. Merret, L.F. Beltrán Morales, L. Oruna-Castillo, J.L. García-H., A. Nieto-Garibay, B. Murillo-Amador, H. Fraga-Palomino & S.C. Díaz-Castro. **Analysis of the Irrigation Status and Agricultural Water Uses for Sustainable Development in Northwest México.**, OECD Expert Meeting on Agricultural Water

Quality and Water Use Indicators., OECD, October 2003, Gyeongju, The Republic of Korea. Easter, W. K. y Hearne, R. (1995): **Water markets and decentralized water resources management: international problems and opportunities**. Water Resources Bulletin, 31 (1) pp. 9-20.

Fenech L.L., (1995). **Física y Química de Suelos**. Una recopilación sintética. Apuntes Universitarios. Serie Didáctica. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S... México.

Finch, J. W., y Abbott, P. L., 1977, Petrology of a Triassic marine section, Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. Sedimentary Geology, V. 19, p.253-273.

Fisher, A. (1996). "The conceptual underpinning of the contingent valuation method" en D. Bjornstad y J. Kahn (eds.): *The Contingent Valuation of Environmental Resources*. Methodological Issues and Research Needs. UK.

Freiberg D. A., 1979, Mineralogy, petrology, and genesis of the Lucifer manganese deposit, Santa Rosalia area, Baja California Sur, Mexico. M.S. thesis, Univ. Arizona, Tucson, 168 p.

Freiberg D. A., 1981, Origin of mineralization at the Lucifer manganese mine, Baja California Sur, Mexico. Geol. Soc. Amer.. Abstr. Progr., Vol. 13 No 2, p. 56-57.

Freiberg D. A., 1983, Geologic stting and origin of the Lucifer manganese deposit, Baja California Sur, Mexico. Economic Geology, Vol. 78, p. 931-943.

Gándara, G. *et. al.* **(2006).** "Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos Tadarida brasiliensis como controladores de plagas en el norte de México", Working Paper No. 2006-5, Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social, Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, Tecnológico de Monterrey.

Gándara, G. (2006). "Valoración económica de los servicios recreativos del parque ecológico Chipinque", *Working Paper 2006-4,* Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social, Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, Tecnológico de Monterrey.

García-Estrada, G., y González-López, M., 1998, Síntesis de los Estudios de Gravimetría, Magnetometría y Termometría en la Zona Geotérmica de las Tres Vírgenes, B.C.S., México., Rev. Geotermia, CFE, Vol. 14-1 pp. 15-32.

García, J. *et al.* **(2006).** *Demanda y distribución del agua en la Comarca Lagunera, México, Agrociencia*, No. 2, Vol. 40, marzo-abril, pp. 269-276

Garrido, A. (1999): **El mercado del agua. Una visión desde la perspectiva económica** Revista Mensual de Gestión Ambiental, 7 pp. 31-41.

Garrido, A. (2000): **"Ventajas y limitaciones del uso del mercado en la asignación de los recursos hídricos"**, VIª Conferencia Internacional del Seminario Permanente de Ciencia y Tecnología del Agua, Iberdrola, Valencia.

Garrido, A. (1999a). **El mercado del agua. Una visión desde la perspectiva económica.**

Revista Mensual Gestión Ambiental (Año 1- Número 7)

Garrido, A. (1999b). **La economía del agua en España. Entre lo público y lo privado, la difícil búsqueda del interés general**. *Arbor* 646, 217-239.

Garrido, A. (2000a): **Ventajas y limitaciones del uso del mercado en la asignación de los recursos hídricos**. VIª Conferencia Internacional del Seminario Permanente Ciencia y Tecnología del Agua. Economía del Agua: hacia una mejor gestión de los recursos hídricos Iberdrola, Valencia.

Garrido, A. (2000b): **La reforma de la Ley de Aguas**. Iuris, 39 pp. 44-51.

Carles, J. (1997): La administración pública del agua en J. López y J. M. Naredo (eds.): La gestión del agua de riego pp. 261-291. Fundación Argentaria-Visor, Madrid.

Gastil, R. G., Philips, R. P., y Allison, E. P., 1975, Reconnaissance geology of the State of Baja California. Geol. Soc. of America Memoir 140, 170 p.

Gastil, R. G., 1979, Current Problems in the Geology of the Cedros-Vizcaíno Region. In: Abbott, P. L. And Gastil, R.G. (Eds.). Baja California Geology. Departament of Geol. Sciences, San Diego Univ. Field-Trip Guidebook for the 1979 Geol. Soc. of Amer. Meeting, San Diego, Ca. P. 149-156.

Gastil , G., Allison, E.G. and Phillips, R. P. 1971, Reconocimiento geológico del Estado de Baja California, México. Univ. Auton. B. C. y San Diego St. Univ.

Gastil G., Krummenacher D., Minch J., 1979, The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California. Geol. Soc. Amer.. Bull., Part 1, Vol. 90, p. 839-857

Gleick, P. (1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources.* New York, Oxford University Press.

Gobierno del Estado de Baja California Sur, (2002): **Cuarto Informe de Gobierno 2002 – 2003,** Anexo Gráfico y Político, CEI, La Paz Baja California Sur, México.

Habb, Timothy C., and Keneth E. McConnell. 2002. Valuing Environmental and Natural Resources: The econometrics of Non-Market Valuation. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Hanemann, W. (1994). Contingent Valuation and Economics. Department of Agricultural and Resource Economics. Ed. University of California, Berkeley.

Hanley, N. 1988. Using contingent valuation to value environmental improvements. Applied Economics. 20:541-549.

Harrison, G. y Kriström, B. (1995). "On the interpretation of responses to contingent valuation questionnaires" en P. Johansson, B. Kristrom y K. G. Mäler (eds.): Current Issues in Environmental Economics. Ed. Manchester University Press, Manchester.

Hausback , B. P., 1984, Cenozoic Volcanic and Tectonic Evolution of Baja California Sur, México. In Frizzel, V. A. Jr., (Eds.) Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section (39): 219-236.

Heim, A., 1922, Notes on the Tertiary of Southern Lower California. Geol. Magaz. 59. p. 529-547.

Hernández Vicent, Miguel Ángel., (1998): **Desarrollo, Planificación y Medio Ambiente en Baja California Sur.** Serie Científica, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

Hickey, J. J., 1984, Stratigraphy and composition of a Jura-Cretaceous volcanic arc apron, Punta Eugenia Baja California Sur, Mexico, In: Frizzell, V. A. Jr., (ed.), 1984, Geology of the Baja California Peninsula. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, V. 39, p. 149-160.

Hoehn, J. P. y Randall, A. 1987. A satisfactory benefit cost indicatior from contingent valuation. Journal of Environmental and Management. 14:226-47.

Howitt, R. E. (1997): **Initiating option and spot price water markets: some examples from California. Seminar on Economic Instruments for Integrated Water Resources Management: Privatization, Water Markets and Tradable Water Rights**. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington.

INEGI, 1983a, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas subterráneas, esc. 1: 250,000, Map. G12-1 Santa Rosalía, México.

INEGI, 1984b, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas subterráneas, esc. 1: 250,000, Map G12-4 San Isidro, México.

INEGI, 1989c, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas subterráneas, esc. 1: 250,000, Map G11-3 Guerrero Negro, México.

INEGI, 1983d, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas superficiales, esc. 1: 250,000, Map. G12-1 Santa Rosalía, México.

INEGI, 1984e, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas superficiales, esc. 1: 250,000, Map G12-4 San Isidro, México.

INEGI, 1989f, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta hidrológica de aguas superficiales, esc. 1: 250,000, Map G11-3 Guerrero Negro, México.

INEGI, 1984g, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Geológica, esc. 1: 250,000, Map. G12-1 Santa Rosalía, México.

INEGI, 1984h, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Geológica, esc. 1: 250,000, Map G11-3 Guerrero Negro, México.

INEGI, 1984i, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Carta Geológica, esc. 1: 250,000, Map G12-4 San Isidro, México.

INEGI, 1996, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estudio Hidrológico del Estado de Baja California Sur. Aguascalientes, Ags. Méx. 205 p.

Inman, D. L. y C. E. Nordstrom., 1971, On the tectonic and morphologic Classification of coasts. J. Geol., 79 (1): 1-21.

Jaramillo, L. (2005). "Evaluación econométrica de la demanda de agua de uso residencial en México", El Trimestre Económico, Vol. 72, No. 286, segundo trimestre, pp. 367-390.

Jordan, J. L. (1999): **Externalities, water prices, and water transfers**. Journal of the American Water Resources Association, 35 (5) pp. 1007-1013.

Jouravlev, A. (2001). "Regulación de la Industria de Agua Potable. Volumen I y II: Necesidades de Información y Regulación Estructural", *Serie Recursos Naturales e Infraestructura* No. 36, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, diciembre de 2001, Santiago, Chile.

Jouravlev, A. (2000). *Water Utility Regulation: Issues and Options for Latin America and the Caribbean*, LC/R. 2032, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, 11 de octubre de 2000.

Karig D. E., Jensky W., 1972, The Protogulf of California. Earth and Planetary Sci. Letterrs, Vol. 17, p. 169-174.

Kido, A. (2004). "An option value análisis of the monarca butterfly forests", Agricultura, Sociedad y Desarrollo, vol. 1, No. 2, pp. 163-169.

Kimbrough D.L., 1982, Structure, petrology and geochronology of Mesozoic paleoceanic terranes of Cedros Island and the Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, Mexico. Santa Barbara, University of California, Disertación doctoral, 395 p.

Lee, T. R. y Jouravlev, A. S. (1998): **Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua**. CEPAL, Naciones Unidas, Santiago de Chile.

Ley de Aguas Nacionales, Diciembre 1992.

Levi E. (1989). "El agua según la ciencia". 1a. de. Ediciones Castel Mexicana, S.A. México.

López-Hernández, A., Robin, C., Cantagrel, J. M., Vincent, P., 1989, Estudio Geoquímico, mineralógico y edades radiométricas de la zona de Las Tres Vírgenes. B.C.S. Implicaciones Geotérmicas. Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Informe 5/89, 50 pp.

López-Hernández, A., Casarrubias Unzueta, Z, y Leal Hernández, R., 1991, Estudio geológico regional de la zona geotérmica de las Tres Vírgenes. Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Informe OGL7BC/002/93, 38 pp.

López-Hernández, A. 1998, Síntesis Geológica de la Zona Geotérmica de las Tres Vírgenes, B.C.S., México., Rev. Geotermia, CFE, Vol. 14-1 pp. 3-14.

López Pérez Mario (2003) **"Cambio en el Paradigma de la Gestión del Agua en México". ,**. , III CONGRESO LATINOAMERICANO DE MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS. , Comisión Nacional del Agua., Junio, Arequipa, Perú.

López-Ramos, E., 1979, Geología de México, Tomo II. Univ. Nac. Autón. México, México, D. F. 454 p.

Lozano, F., 1975, Evaluación petrolífera de la península de Baja California. bol. Asoc. Mex Geólogos Petroleros, V. XXVII No. 4-6. p. 104-329.

Lozano, F. 1976, Evaluación petrolífera de la península de Baja California. Vol. Asoc. Mex Geólogos Petroleros, V. XXVII No. 4-6. P. 106-303.

Maestu, J. (1997): **Dificultades y oportunidades de una gestión razonable del agua**

en España: la flexibilización del régimen concesional en J. López y J. M. Naredo (eds.): La gestión del agua de riego pp. 121-140. Fundación Argentaria-Visor, Madrid.

Malik M.A.S., Tiwari G.N., Kumar A., and Sodha M.S. (1982). "Solar Distillation". 1st. edn, pp. 1-10. Pergamon Press, Oxford.

Maurel A. (1981). "La desalinizacion del agua de mar". Mundo científico. No. 3, Vol. 1, pp. 296-305.

McCracken H. and Porta G.M.A. (1990). "Solar still performance: La Paz and Alturas" XIV Reunión Anual de la Asociación Nacional de Energía Solar. La Paz, B.C.S., México.

Mina-Uhink, F., 1957, Bosquejo Geológico de la parte sur de la Península de Baja California Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, V. 9. p. 139-269.

Mina-Uhink, F. 1956, Bosquejo Geológico de la parte sur de la península de Baja California Excursión A-1 del XX Congreso Geológico Internacional, México. P. 11-42.

Milon, J. 1989. Contingent valuation experiments for strategic behavior. Journal of Environmental Economics and Management. 17:293-308.

Mitchell R. y R. Carson. 1989. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Resources for the Future, Washington D.C.

Moore, T.E., 1984, Geology, petrology and tectonic significance of the Mesozoic paleooceanic terranes of the Vizcaino peninsula, Baja California Sur, Mexico. Harvard University, Disertación Doctoral, UMI Dissertation Services, 376 p. (inédita).

Moore, T.E., 1985. Stratigraphy and tectonic significance of the Mesozoic tectonoestratigraphic terranes of the Vizcaino Peninsula, Baja California Sur Mexico. In: D. G. Howell (ed.), Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series 1, p. 315-329.

Mooser, F. y Reyes L. A., 1961, El Grupo Volcánico de las Tres Vírgenes, Municipio de Santa Rosalía, Territorio de Baja California. Univ. Nac. Autón. Méx., Inst. Geol. Bol., 62, p. 47-48.

Mowla D. and Karimi G. (1995). "Mathematical modelling of solar stills in Iran". Int. J. of **Solar Energy**, Vol. 55, No. 5, pp. 389-393.

Naciones Unidas-CEPAL (1999). *Tendencias Actuales de la Gestión del Agua en América Latina y El Caribe*, LC/L. 1180, 17 de agosto de 1999.

Naciones Unidas, Consejo Económico y Social (1996): Review of progress on water related issues: consideration of institutional and legal issues in water resources management Institutional and legal issues relevant to the implementation of water markets. Naciones Unidas, Nueva York.

Naredo, José Manuel., Parra Fernando (comps) (1993): **Hacia una Ciencia de los Recursos Naturales, "**Valoración Económica y Valoración Ecológica": CA, Joan Martínez Alier, Siglo XXI, Madrid España.

Nauges, C. y Van der Berg, C. (2007). *How "natural" are natural monopolies in the water supply and sewerage sector: Case studies from developing and transition economies*, World Bank Policy Research, Working paper 4137, febrero.

Nunn, S. C. e Ingram, H. M. (1996): **La información, el foro de decisión y los efectos sobre terceros de las transacciones de agua** en F. Aguilera (ed.): Economía del agua pp. 257-285. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

OECD. 1995. The Economic Appraisal of Environmental Projects and Policy: A Practical Guide, OECD, Paris.

Ortega-Rivera, A., 2003, Geochronological constraints on the tectonichistory of the Peninsular Ranges batholith of Alta and Baja California: tectonic implications for western Mexico. In: Johnson, S. E., Paterson, S. R., Fletcher, J. M, Girty, G. H., Kimbrough, D. L., Martin-Barajas, A. (eds.), Tectonic Evolution of northwestern Mexico and southwestern United States: USA, Geological Society of America, Special Paper 374, 297-336.

Ortlieb, L., 1979, Quaternary Marine Terraces in southwestern, Viscaíno Peninsula Baja California, México. Rev. Vol. 2. No. 2 Inst. Geol. Univ. Nac. Autón. Méx. p.200-211.

Ortlieb L., 1981, Sequence of Pleistocene marine terraces in Santa Rosalia area, Baja California Sur, Mexico. In: Geology of northwestern Mexico and southern Arizona, field guides and papers, L. Ortlieb & J. Roldán (eds.), Inst. Geol., Univ Nac. Autón. México (Hermosillo), p. 275-293.

Ortlieb y Colletta, 1984, Síntesis Cronoestratigrafica sobre el Neógeno y el Cuaternario Marino de la Cuenca de Santa Rosalía, Baja California Sur, México. Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, México D.F., 241-268 p.

Ortlieb, L., y Malpica Cruz, V., 1978, Reconnaissance des depots Pleistocenes marins autour du golfe de Californie, Mexique. Cahiers O.R.S.T.O.M., ser. Geol., Vol. X, No 2, p. 177-190.

Palma-Guzmán, S. H., 1998, Modelado de Datos Magnetotelúricos en el Campo Geotérmico de las Tres Vírgenes, B.C.S., México., Rev. Geotermia, CFE, Vol. 43-53 pp. 33-41.

Paredes R. y Gómez-Lobo A. "Mercado de Derechos de Agua: Reflexiones sobre el Proyecto de Modificación del Código de Aguas" Estudios Públicos No 82, otoño 2001. Centro de Estudios Públicos.

Patterson, d. L., 1979, The Valle Formationflphysical stratigraphy and depositional model, southem Vizcaino Peninsula, Baja California Sur, In: Abbott, P. L., and Gastil, R. G., (eds.), Field guides and papers. Geological society America, Annual Meetings, San Diego, p. 73-76.

Pearce, D. W. (1989): **Economic incentives and renewable natural resource management**, en OCDE (ed.): Renewable natural resources. Economic incentives for improved management. OCDE, París.

PEMEX., 1976, Petróleos Mexicanos. Prospección Geológica en Baja Caklifornia. Reporte Técnico de la Gerencia de Exploración de Petróleos Mexicanos, p. 33-44.

Pigram, J. J.; Delforce, R. J.; Coelli, M. L.; Norris, V.; Antony, G.; Anderson, R. L. y Musgrave, W. F. (1992): **Transferable water entitlements**. The Centre for Water Policy Research. University of New England, Armidale.

Porta G.M.A., Rubio E., Villegas E., Gutiérrez J. (1996). "Sistema para evaluación de imágenes para estudios de destilación experimental". Informe técnico. CIBNOR, S.C. La Paz, B.C.S.

Raisz, E., 1964. Landforms of México. Cambridge. Prepared for the Geography Branch of the Office Naval Research. Scale map 1:400000.

Randall, A. (1981): **Property entitlements and pricing policies for a maturing water economy**. The Australian Journal of Agricultural Economics, 25 (3) pp. 195-220.

Randall, A. *et al***. 1983.** Contingent valuation surveys for evaluating environmental assets. Natural Resources Journal. 23:635-48.

Rangin, C.,1978, Speculative model of Mesozoic geodynamics, Central Baja California to northeastern Sonora, Mexico, In: Howell, D.G., and McDougall, K.A., (eds.), Mesozoic paleogeography of the western United States. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Pacific Section, Symposium 2, p. 85-106.

Rangin, C., 1979, Evidence for superimposed subduction and collision proceses during Jurassic-Cretaceous times along Baja California continental borderland. In: Abbott, P. L. And Gastil, R.G. (Eds.). Baja California Geology. Departament of Geol. Sciences, San Diego Univ. Field-Trip Guidebook for the 1979 Geol. Soc. of Amer. Meeting, San Diego, Ca. P. 37-52.

Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, enero de 1994 y diciembre de 1997.

Romo, J. (1998). "Valuación económica de la migración de las mariposas monarca", en H. Benítez *et al.* (eds.): Aspectos económicos sobre la biodiversidad de México, Instituto Nacional de Ecología. Disponible en línea en: http://www.ine.gob.mx/publicaciones/libros/286/romo.html.

Rosegrant, M. W. y Binswanger, H. P. (1994**): Markets in tradable water rights: potential for efficiency gains in developing country water resource allocation**. World Development, 22 (11) pp. 1613-1625

Rowe, R. *et al***. 1980.** An experiment on the economic value of visibility. Journal of Environmental Economics and Management. 7:1-19.

SARH. (1989)., **Sinopsis Geohidrológica del Estado de Baja California Sur**., Sistemas Gráficos E, S.A. de CV. México, DF.

Saleth, R. M. y Braden, J. B. (1995): **Minimizing potential distortions in spot water market: a multilateral bargaining approach** en A. Dinar y E. T. Loehman (eds.): Water quantity/quality management and conflict resolution: institutions, processes, and economic analyses. Praeger Publishers, Westport.

Soto G. y Bateman I. (2006). "Scope sensitivity in households' willingness to pay for maintained and improved water supplies in a developing world urban area: investigating the influence of baseline supply and income distribution upon stated preferences in Mexico City", Water Resources Research, Vol. 42, W07421, pp 1-15.

Soto, G. *et. al.* (2003). "Assessing the willingness to pay for maintained and improved water supplies in Mexico City", *CSERGE Working Paper ECM 03-11*, Centre for Social and economic Research on the Global Environment, University of East Anglia.

Sumpsi, J. M.; Garrido, A.; Blanco, M.; Varela, C. e Iglesias, E. (1998): **Economía y política de gestión del agua en la agricultura**. Mundi-Prensa, Madrid.

Telkes M. (1953). "Fresh water from sea water by solar distillation". Industrial and Engineering Chem., Vol. 45, No. 5, pp. 1108-1114.

Terence R. Lee, Andrés S. Juravlev. **Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua.** CEPAL, serie Medio Ambiente y Desarrollo, 1998.

Tessier, Ch., 1990, Geothermal project Tres Virgenes, Baja California. A structural geology report. Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Informe 8 pp.

Thayer, M. 1981. Contingent valuation techniques for assessing environmental impacts: further evidence. Journal of Environmental Economics and Management. (8):27-44. Thobani, M. (1997): **Formal water markets: why, when, and how to introduce tradable water rights**. The World Bank Research Observer, 12 (2) pp. 161-179.

Urciaga García, José., (1993). **El Desarrollo de la Agricultura en Baja California Sur (1960-1991).**, Área Interdisciplinaria de Ciencias Sociales y Humanidades, Serie Científica, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

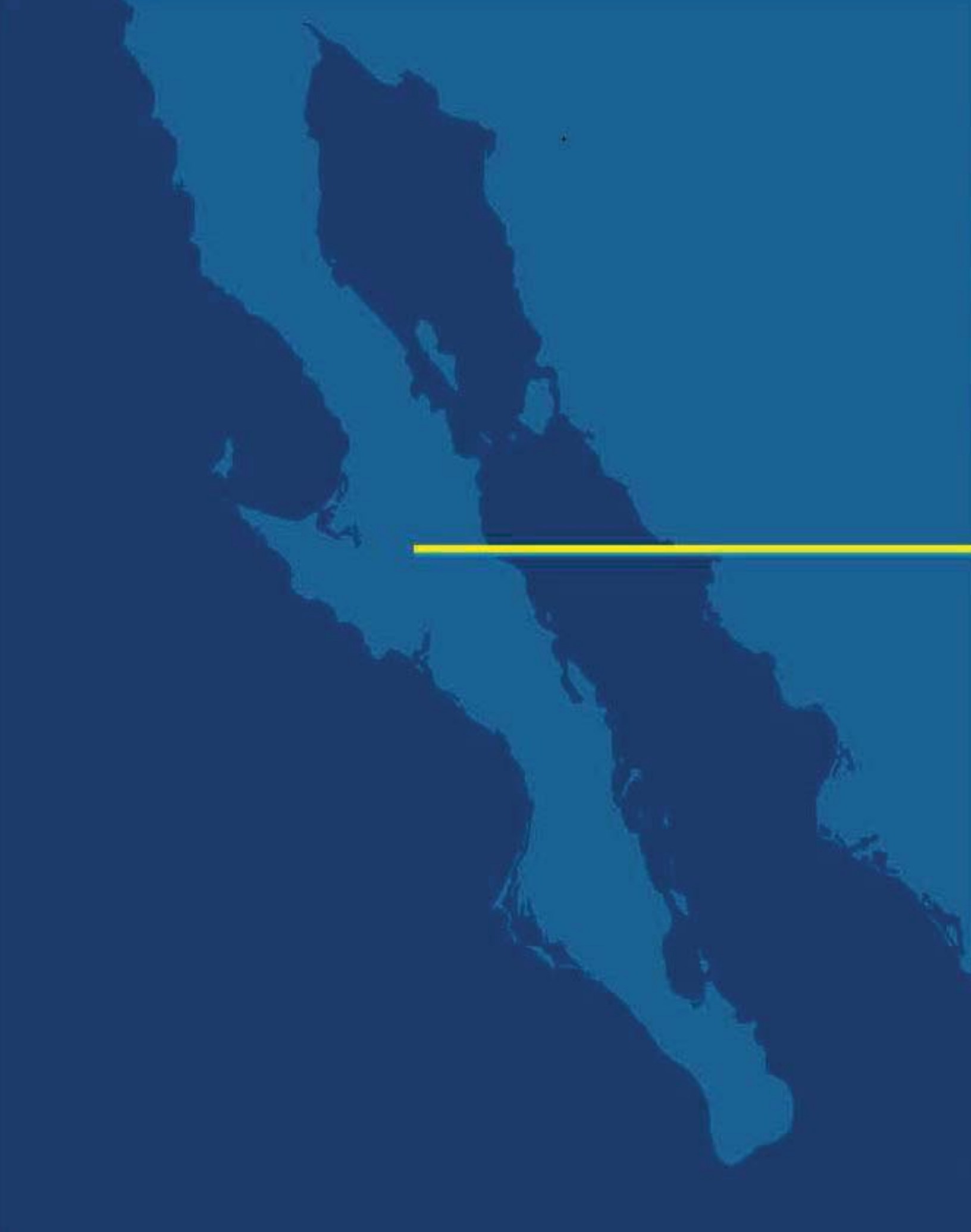
Vaughan, W. et. al., (1999). Willingness to Pay: Referéndum Contingent Valuation and Uncertain Project Benefits, Sustainable Development Department Technical Paper Series, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), junio 1999, Washington, D.C.

Walker, G.P.L., Jurado, Z., Rowland, S. and Carrillo A., 1993, La Reforma cryptodome: an alternative mechanism to caldera subsidence and resurgent doming. Abstract. IAVCEI.

Wilson, I. F. y Veytia, M., 1948. Geology and mineral deposits of the Boleo Koper District, Baja California, México. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 273, 134 p.

Wilson I. F., 1948, Buried topography, initial structures, and sedimentation in Santa Rosalia area, Baja California, Mexico. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. Vol. 32, No 9, p. 1762-1807.

Whitehead, J. y Blomquist, G. 1991. Measuring contingent values for wetlands: effects of information about related environmental goods. Water Resources Research. 27:2523 -31.

Young, R. A. y Haveman, R. H. (1985): **Economics of water resources: a survey** en A. V. Kneese y J. L. Sweeny (eds.): Handbook of Natural Resource and Energy Economics. Vol II pp. 465-529. North-Holland-Elsener, Amsterdam.

El libro Valoración Hidrosocial en la Reserva de la Biosfera del Vizcaino, B.C.S. MEXICO, Se terminó la impresión y edición en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La composición tipográfica se hizo en Garamond de 18, 14, 11, 10 y 8 puntos. El tiro es de quinientos ejemplares más sobrantes para reposición. El cuidado de la edición estuvo a cargo de los editores.