

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



MANEJO DE AGUAS RESIDUALES RECUPERADAS  
GENERADAS POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES MUNICIPALES EL NARANJO Y SU RELACION  
CON EL ECOSISTEMA MARINO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

OCEANOLOGO

PRESENTA :

JUAN GABRIEL RODRIGUEZ RUIZ

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, OCTUBRE DE 1998

**MANEJO DE AGUAS RESIDUALES RECUPERADAS  
GENERADAS POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
MUNICIPALES EL NARANJO Y SU RELACION CON EL ECOSISTEMA  
MARINO**

**TESIS**

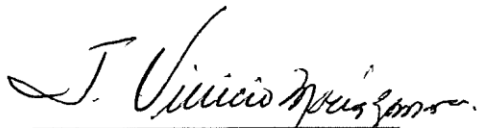
**QUE PRESENTA :**

**JUAN GABRIEL RODRIGUEZ RUIZ**

**APROBADA POR :**



**PRESIDENTE DEL JURADO  
OC. BERNARDO PRIMITIVO FLORES BAEZ**



**SINODAL PROPIETARIO  
DR. JOSE VINICIO MACIAS ZAMORA**



**SINODAL PROPIETARIO  
M.C. SERGIO RAUL CANINO HERRERA**

## RESUMEN

El manejo de los recursos hídricos es una actividad sobre la cual esta creciendo la atención mundial. Especialmente en zonas donde la obtención de estos recursos presenta algún grado de dificultad, ya sea por la disposición limitada del recurso, por el crecimiento en la demanda o por el mal manejo que de él se hace. Una acción para prevenir la contaminación en la Bahía Todos Santos, B.C. y dar mejor manejo del agua que consume la ciudad de Ensenada es la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales "El Naranja", que cuenta con una inversión total de 105.5 millones de pesos y entrará en funcionamiento en marzo de 1999 y dará un tratamiento secundario avanzado a un volumen de 15.5 millones de metros cúbicos anuales de aguas residuales. En este trabajo se estudia las condiciones que llevaron a la construcción de la planta, se presenta información sobre el manejo actual del agua, se lleva a cabo un análisis del desarrollo de un plan de manejo de aguas residuales recuperadas, se presenta este plan, proponiendo cinco actividades de reuso: recarga de acuíferos, creación de áreas verdes, comercialización del agua, riego agrícola y almacenamiento de agua. Se evalúa el potencial de la planta "El Naranja" como fuente de agua de reuso determinándose como una fuente fija de agua disponible y por medio de encuestas y entrevistas personales y a comunidades se determina el nivel de conocimiento en la localidad con respecto a la "cultura del agua", determinándose que un 60% tiene conocimiento de infraestructura existente, que la adopción de prácticas de reuso se lleva a cabo por comunidades donde se carece de servicios de suministro y canalización del agua y que el 70% de los entrevistados están de acuerdo en que se utilicen las aguas recuperadas en alguna actividad. También se estiman los beneficios que significa la implementación de un plan de reuso de agua para las actividades de la zona costera, distinguiendo dos especialmente beneficiadas, la pesca y el turismo.

## DEDICATORIA

Cualquier logro, pero sobre todo aquellos especiales necesitan ser compartidos con personas especiales. Esas personas con las que se comparten lo bueno y lo malo, lo alegre y lo triste, lo que nos hace llorar y lo que nos hacer reír, aquellas personas entre las que aveces nos herimos, pero también entre las que nos apoyamos, y es que lo único inalterable es el amor, que nos hace ser una Familia :

A mi Padre y Amigo, Ing. Ramón Rodríguez García, porque eres el Norte de mi existencia, porque como todo norte me ayudas a no perderme, guiándome con tu integridad y trabajo, porque tú das lo que no cualquier padre da a sus hijos, el ejemplo, porque eres una persona honesta y porque gracias a tu fuerza y protección las gaviotas siempre han podido volar lejos. Porque siempre te voy a querer.

A mi Amiga y Madre, Soledad Ruiz Gómez (de Rodríguez, pero Gómez), por ser ese incansable Sur lleno de conflictos y contradicciones que constantemente lucha por cambiar y adaptarse, para entender mejor la vida que vive y a nosotros, que, como a todo sur, volvemos a ella a buscar calor y refugio. Porque somos cómplices y somos fuertes, y porque espero demostrarte algún día cuanto te quiero.

A mi Hermano, Ing. Ramón Rodríguez Ruiz por ser un excelente hermano mayor y aún mejor amigo, porque desde que recuerdo has estado cerca, siempre ahí, como el Este, porque compartes y escuchas, porque siempre tienes mi admiración y mi cariño y porque a pesar de ser tan diferente a mí, eres tan necesario.

A mi Hermana menor, amiga y mil cosas más, Mariana Rodríguez Ruiz, por ser Oeste y venir a completar mi estrella de la suerte. Porque eres una mezcla de todos y eso te vuelve interesante, porque en la vida vas a ha-ser todo lo que tu quieras y porque no olvides nunca todo lo que te quiero. Sigue adelante!!...para apoyarte aquí estoy yo.

A mis dos Abuelitas, Lupita y Carmelita, porque a pesar de que nuestra separación fue muy rápida es mucho lo que dejaron aquí, casi tanto como lo que se llevaron de mí. Porque espero con paciencia el día en que nos volvamos a abrazar.

A todos ustedes GRACIAS...los amo mucho.

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, por la formación que me dió y por haber sido “mi espacio” durante estos años.

A mi director de tesis, Oc. Bernardo P. Flores Báez, por toda su asesoría, su ayuda y disposición dentro y fuera del Instituto. Con la admiración de un alumno, el respeto de un colega y el cariño de un amigo, Gracias Primi.

A los sindoales Dr. Vinicio Macías Zamora y MC Raúl Canino Herrera por su disposición para revisar y corregir este trabajo, creo que sus aportaciones en verdad son valiosas.

Al Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. por todas las facilidades que me brindó para realizar mi tesis, Salvador Galindo a Román Lizarraga y a Roberto Pérez por las veces que me sacaron de una apuro y por su trato cordial. A Gilberto Fuentes, dibujante del I.I.O. por los mapas. A las secretarías del I.I.O. Shelly, Maggie, Alma y Rosita por sus atenciones.

A Vanessa Robledo H. por esa irrepetible amistad simbiótica desde el primer día de clases, a Eduardo Paredes, a David-pingüino y al que viene por recibirme y compartir conmigo lo mas valioso que tienen: su familia.

A Manuel Moreno Mercado. porque aunque yo sé que le chocan los agradecimientos en las tesis sería imposible no agradecerle su amistad, apoyo, tiempo y atenciones a lo largo de estos años...gracias Manuel.

A Claudia Espinosa Villegas porque a pesar de nuestras diferencias (tantas) estamos cerca, porque es buena amiga, porque sé que siempre puedo contar con ella y porque espero que no se le olvide que ella siempre contará conmigo...te quiero .

A Benjamín Casillas porque no sé que hubiera sido este tiempo sin él, porque todo está bien ahora y porque la vida es una tom-tom-tómbola!!  
Una vez más gracias por permanecer Ben .Te quiero “harto”

A Arturo Herrera Pérez por tantos años de amistad, tantas cosas en común y por adoptarme como su hermano.

A Mercedes Espinasa por ser de las personas indispensables en la vida.

A mi tío Chuy por todo su cariño, a su familia, a las familias Rodríguez De la Rosa, Rodríguez Ruiz, Ugalde Ruiz (I y II), Piña Rodríguez y Sánchez Rodríguez por preguntar siempre por mí.

A Dagoberto Alvarado, la otra parte del super equipo, por ser buen amigo, y buen vecino. A Leslie, Paty (con César of course), Gaby, Chofa, Susy y Pablo por hacer un grupo sui generis. A Cecy Morales, Gerardo Sandoval y a la preciosa (Daniela) por la eterna deuda que tengo con ellos y por ser su nano, respectivamente. A Flor Arcega, porque formamos parte de la historia. A Ana María Iñiguez, por haber estado en ese momento y por ser mi amiga. A Lety Ramírez por estar siempre pendiente. A Norma Ramos por todas las pláticas y los cafés. A Yadira Alvarez y Rodolfo Rojas por ser buenos amigos. A Celina Lara, por ser mi amiga (aunque se encele su marido). A Fausto Arellano, Julio García, Ricardo Carrara. A Isabel Monasterio (Chabe) por darme todos esos abrazos que sólo una madre sabe dar y por ser mi amiga, a su mamá Doña Tere, por alentarme siempre y a su hija Isabel. A Anita Ramírez porque nos echamos porras mutuamente. A Sikisaka por el eterno café. A Rachel por ser veracruzana y ser mi amiga, a su esposo Alex. A Graciela Guerra, ojalá nunca se nos olvide a ninguno de los dos la importancia de la confianza. A Chelo Valle, que enseña de matemáticas y de la vida. A Victoria Orozco, Manuel Montijo e Irma Soria, por ser de los mejores maestros de la Universidad. A Carmen Meza, por las porras. A Milagro Ceniceros, por el milagro. A Esteban Torreblanca y Gerardo Medina por dejarme convivir con ellos. A Neza Alvarez, que no tengo idea donde ande. A Carelia Rodríguez, porque algún día volveremos a estar juntos. A Sandra Ramos y a Beto, Adriana y Sandy, por ser lo más parecido a una familia que tengo cerca, y por abrirme la puerta a medianoche cada que voy a Tijuana. A Mónica y Mariana Flores porque nos caemos muy bien.

A los de México : Goyos, Maricarmen, Marco Cordero, Juan Medina, Mary Rosy López y e Israel Sánchez por mantener la comunicación. A Jorge Guerrero, porque me sostuvo para no caer. A Roberto Núñez, por la poesía que vive en él. A Rosa María Luna Polo G. por ser mi mamá adoptiva.

## CONTENIDO

		PAGINA
	RESUMEN	
I	INTRODUCCION	1
1.1	JUSTIFICACION	6
II	OBJETIVOS	9
2.1	OBJETIVO GENERAL	9
2.2	OBJETIVOS PARTICULARES	9
III	MARCO DE ACTIVIDADES	10
IV	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	14
4.1	ACTIVIDADES EN LA REGION DE ENSENADA	16
V	RESULTADOS	20
5.1	EFFECTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE EL MEDIO MARINO	20
5.2	FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA	20
5.3	EFFECTO SOBRE EL MEDIO MARINO	21
5.4	LAS AGUAS RESIDUALES	24
5.5	LAS AGUAS SUBTERRANEAS	26

5.6	LA SITUACION DE LA PLANTA “EL GALLO”	32
5.7	DESCRIPCION DEL PROYECTO “EL NARANJO”	36
5.8	PRINCIPALES PARTICIPANTES EN EL MANEJO COSTERO	41
5.9	SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO	45
5.10	MANEADERO	46
5.11	EL ESTERO DE PUNTA BANDA	47
5.12	PLAN DE MANEJO DE AGUAS TRATADAS	50
VI	DISCUSIONES	57
VII	CONCLUSIONES	74
VIII	RECOMENDACIONES	76
IX	BIBLIOGRAFIA	77
X	APENDICES	81

## INDICE DE FIGURAS

	Pag.	
Figura 1	Diagrama de Actividades	13
Figura 2	Area de Estudio	19
Figura 3	Planta de Tratamiento “El Gallo”	35
Figura 4	Planta de Tratamiento “El Naranjo”	40
Figura 5	Región del Valle de Maneadero	49
Figura 6	Resultados de las Encuestas	66

## INDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1	Actividades industriales más contaminantes	20
Tabla 2	Principales aspectos en que afecta la intrusión de contaminantes en el medio acuático.	21
Tabla 3	Balance de agua en el mundo	26
Tabla 4	Concentraciones máximas permitidas para contaminantes orgánicos en aguas subterráneas.	28
Tabla 5	Comparación de características de diferentes procesos de aplicación de aguas residuales al terreno.	30
Tabla 6	Comparación de características de diseño de diferentes procesos de aplicación de aguas residuales al terreno.	31
Tabla 7	Parámetros de la planta “El Gallo”.	34
Tabla 8	Parámetros de la planta “El Naranja”.	38
Tabla 9	Parámetros internacionales de calidad del agua.	39
Tabla 10	Participantes en el manejo costero en Ensenada	42

## I. INTRODUCCION

En este final de siglo, se ha desarrollado un interés por garantizar la permanencia de recursos naturales para generaciones futuras; reuniones, congresos, agendas y foros han puesto de manifiesto la necesidad de prospectar un manejo adecuado; por su importancia y magnitud, los asentamientos humanos en la zona costera deben de estar adecuados a un proceso de manejo, entendido como “la intervención del hombre en los procesos dinámicos que determinan la composición de los recursos naturales” (Holdgate, 1991). La preservación y la conservación son metas a largo plazo del proceso de manejo de los recursos (Gómez-Morín, 1994); esto está muy ligado al crecimiento poblacional mundial, que aunque ha modificado sus tendencias por regiones, permanece creciente. Para este fin de siglo se estima que un 80% de la población mundial se encontrará dentro de la zona costera (UNCED, 1991, citado por Torres Moye, 1996). La zona costera es definida como una banda no lineal, de dimensiones variables, que funciona como zona de transición entre tierra y mar y comprende áreas de concentración humana superior al promedio y con actividades diversificadas (INE, 1997).

Algunas actividades actuales de la zona costera comprenden la extracción petrolera, turismo, comercio, producción de alimentos, habitación, industria, navegación, pesca y acuicultura; que han generado temas de interés mundial como son: predicción del ascenso del nivel del mar, mitigación de riesgos por tormentas, control de la erosión costera, contaminación de los ambientes costeros, uso de la energía costera, manejo de la biodiversidad, intrusión salina y sobreexplotación de acuíferos (Tomado de Torres Moye, 1996).

Muchas zonas costeras (bahías, lagunas costeras, estuarios), pueden aprovecharse como sitios de asentamientos humanos y de desarrollo industrial, pero tomando en cuenta que la contaminación va en aumento y que es fundamental aplicar correctamente la legislación ambiental y regular los efectos de cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo a través de programas efectivos de uso, manejo y administración de la misma (INE, 1997). Sin embargo, las zonas costeras han sido especialmente susceptibles a sistemas de gobierno fragmentado y con poco interés o capacidad para desarrollar enfoques integrales de planificación política pública e instrumentación (Gómez-Morín, 1992). En foros internacionales, se ha establecido un índice mundial de problemas y oportunidades para el desarrollo costero (UNCED, 1992) donde generalmente se hacen distinciones entre los siguientes cuatro tipos de problemas :

- 1.- Impactos de una actividad del área costera (ej. desarrollo de turismo o relleno de pantanos) sobre otras (ej. rendimiento decreciente de la pesca comercial).
- 2.- Riesgos costeros o impactos de fuerzas naturales (ej. erosión de la playa, inundación fluvial, tormentas oceánicas) sobre las actividades y usos costeros.
- 3.- Necesidades de desarrollo o planificación sectorial (ej. plan de desarrollo de puerto, pesquerías, etc.,).
- 4.- Problemas organizativos, tal como una base de datos inadecuada o falta de coordinación político-administrativa ; también se están considerando dentro de las acciones planteadas en el ámbito internacional una evaluación y control de las fuentes terrestres de contaminación al mar.

México se ha comprometido a adquirir derechos y obligaciones sobre la protección del medio marino, costero y sus recursos. Las amenazas principales con las que se enfrentan la salud y la productividad del medio marino provienen de actividades humanas realizadas en tierra ; la mayor parte de la contaminación de los océanos, incluidos los desechos y las descargas de aguas residuales municipales e industriales, los escurrimientos de origen agrícola, así como la deposición atmosférica, proceden de actividades realizadas en tierra y afectan a las zonas más productivas del medio marino (incluidas las zonas costeras) (INE,1997). La Secretaría del medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (Comunicación personal), a través del Instituto Nacional de Ecología está implementando un programa nacional para la evaluación y control de fuentes terrestres de contaminación al mar, con los siguientes elementos :

*\*Identificar el origen y problemática derivada de los contaminantes emitidos al ambiente cuyo destino final es el mar, como son : aguas domésticas, compuestos orgánicos persistentes, metales pesados, hidrocarburos, nutrientes, sedimentos y basura.*

*\*Elaborar inventarios que permitan establecer las fuentes puntuales de degradación del mar, como son : plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas industriales, descargas de aguas municipales, plantas para la generación de electricidad, instalaciones turísticas, acuacultura, modificación de hábitat (dagrados, llenado de humedales, tala de manglares), introducción de constituyentes tóxicos.*

*\*Considerar y establecer la magnitud de la contaminación derivada de fuentes no puntuales, como son escurrimientos urbanos, escurrimientos de actividades agrícolas, forestales, mineras y de la construcción.*

\*Determinar el tipo y concentración de contaminantes provenientes de la atmosfera, debido a transporte (emisiones de vehículos), industrias, incineradores y actividades agrícolas.

*\*Difundir la información generada a nivel regional, estatal y nacional con el fin de apoyar el desarrollo de actividades preventivas y correctivas, que se reflejen en un mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y un mejoramiento del estado del ambiente en general.*

Regiones como la Bahía de Todos Santos en Baja California, que concentra varias actividades dentro de una área geográficamente bien definida, necesitan aunar al ritmo de su crecimiento programas de planeación tendientes a estructurar un sistema de desarrollo que contemple esas actividades en una forma dinámica y eficiente pero a la vez apegados a las medidas que implementan dependencias municipales, estatales y federales para garantizar el cuidado y permanencia de los recursos.

Una acción importante es la actual construcción de la denominada Eco-Planta de Tratamiento de Aguas Negras Residuales Municipales “El Naranjo” que implica una inversión inicial de 84 millones de pesos y que para 1999 contará con su primera fase concluida, un módulo que dará tratamiento a un volumen de 500 lps (cuatro unidades de 125 lps c/u) ; la Eco-Planta dará un tratamiento secundario avanzado a 15.5 millones de metros cúbicos de aguas residuales durante su primer año de funcionamiento (1998-1999) y se proyecta una capacidad máxima de 1000 lps, equivalente a 30 millones de metros cúbicos por año a finales del año 2017 (CESPE,1996).

A pesar de la elevada inversión que significa la planta, del sofisticado tratamiento que se le proyecta dar a las aguas residuales y de la magnitud de todo el proyecto no se tiene claramente establecido el destino que se dará a las aguas ya tratadas, por un lado en el manifiesto de impacto ambiental (Proyectos Digitales, 1996) se expresa que inicialmente las aguas tratadas tendrán como destino la Bahía Todos Santos, por parte de la CESPE se menciona la recarga de acuíferos y la creación de un eco-parque, y por parte de SEMARNAP se habla de un plan de manejo, traslapando así responsabilidades de organizaciones y niveles de gobierno (CNA, Ayuntamiento, Gobierno Municipal y Estatal, etc.).

Es importante darle un seguimiento a esta etapa del proceso en momentos muy adecuados (planeación) desde el punto de vista del manejo de la zona costera, pues en primer lugar dentro de la Bahía, y muy cercanas a la zona de las descargas se encuentran una región con calidad de agua certificada internacionalmente para la acuicultura, el estero de Punta Banda, que además de la importancia ecológica única en la región por si solo es un subsistema dentro de otro, las pocas playas restantes donde la población de la ciudad, además del turismo pueden acudir a recrearse en verano y en segundo lugar hay que tener cuidado pues no sería la primera vez que un gran esfuerzo e inversión económica resultaran inútiles por la falta de planeación y cuidado en puntos específicos que obligen a buscar medidas improvisadas de última hora.

La visión de este trabajo es muy amplia, el principal interés es aprovechar un suceso real, que se está llevando a cabo para solucionar un problema y llevarlo al contexto de las experiencias propias (y no importadas) del país en la necesidad actual de manejar sus recursos de forma integral y eficaz.

Todos los trabajos dedicados a planeación y desarrollo, en este caso, costero, enfatizan la necesidad de contar con una base informativa que permita un

diagnóstico integral y actualizado del estado del ambiente de las zonas costeras y que aporte los elementos necesarios para apoyar la toma de decisiones y el desarrollo de una política para la gestión ambiental en las zonas costeras.

### 1.1 JUSTIFICACION

En la actualidad es un hecho establecido la necesidad de dar un encauzamiento y tratamiento adecuado a todos los desechos que la actividad humana (desde las grandes ciudades hasta los pequeños centros de población) genera; emisiones a la atmósfera, basura y agua son sólo algunos ejemplos. En el caso del agua, ha estado siempre condicionando el desarrollo de los pueblos y aunque debido al ciclo hidrológico se considera erróneamente un recurso inagotable, es evidente el aumento en los sistemas y esfuerzos de las dependencias encargadas de satisfacer su suministro.

Históricamente, han sido los países más desarrollados aquellos iniciadores en la implementación de estrategias y métodos para aprovechar los recursos de una manera óptima. En el caso del agua, los primeros planes de reutilización están dados por aquellos procesos de evacuación y aplicación de agua sobre terrenos; a partir del siglo XIX en que se empezaron a desarrollar los sistemas de alcantarillado, se empezaron a crear las denominadas “sewage farms” en Europa y Estados Unidos, el objetivo principal era la evacuación de los vertidos, y, eventualmente, el riego de cultivos y otros usos beneficiosos (Metcalf, 1996). Sin embargo, en la actualidad cualquier país que quiera garantizar su existencia, autosuficiencia y soberanía debe incluir en el marco de su desarrollo futuro proyectos que resuelvan y prevengan problemas involucrados con la administración de sus recursos, sus desechos y su medio ambiente.

En el caso de México, por su extensión territorial, la diversidad de ecosistemas y climas es un rasgo característico; en regiones secas, desérticas y

semidesérticas el hombre ha implementado estrategias para la obtención de los recursos, impulsando el desarrollo de una zona dinámica e importante, localizada en todo el norte del país. Generalmente es en aquellos lugares donde la disponibilidad del recurso es muy limitada donde se tiene registrados los más importantes antecedentes en esfuerzos para recuperar y reutilizar los aportes de los cuerpos naturales y los efluentes de las plantas de tratamiento.

El Estado de Baja California posee uno de los promedios de precipitación más bajos del país (759.9 milímetros anuales) y contrastando con la amplia extensión de sus litorales las características hidrológicas que presenta son muy limitadas; algunos cuantos ríos y arroyos, de los cuales el más importante por ser el único con aporte todo el año es el Colorado (1 850 234 000 m<sup>3</sup> anuales), y algunos acuíferos, por esta razón, gran parte de la disponibilidad del recurso en el estado está sujeta al variable régimen pluvial del año. El flujo de inmigrantes al estado registra un índice de crecimiento demográfico por arriba de la media nacional, esto significa la demanda de satisfacer más servicios y necesidades cada año, los municipios de Tijuana, Tecate y Ensenada presentan índices mucho más altos que el de Mexicali (COSAE, 1994). En el caso del municipio de Ensenada, pasa a abarcar tres cuartas partes del territorio estatal concentra más del 90 % de su población en la ciudad de Ensenada y su zona conurbada, por lo que el ritmo de su crecimiento se acentúa más, el crecimiento demográfico en el municipio es de 3.55% anual, por arriba de la media nacional, de 1.9% anual (INEGI, 1990).

Solamente en Baja California se generan 75 millones de metros cúbicos anuales de aguas residuales (CNA, 1997) que dañan el ambiente pero que además tienen consecuencias más graves por la falta de aplicación de sistemas para el reciclado o reuso del agua (Flores Báez, 1998).

La realización de la obra de construcción de la planta “El Naranja” ha generado diversos intereses e inquietudes, tanto de la comunidad como de ejidatarios, industriales, etc.; que se reflejan a través de noticias en los periódicos, solicitudes de suministro de agua y creaciones de planes de manejo. En muchos lugares del mundo se ha experimentado y comprobado la conveniencia de recuperar y reusar aguas tratadas eficientemente, tres áreas principales se manejan:

- + Riego agrícola y de espacios verdes.
- + Actividades industriales variadas.
- + recarga de acuíferos.

Las aguas residuales recuperadas también tiene otros usos, aunque en menor escala y generalmente con algún tipo de tratamiento adicional: recreativos, ambientales, acuiculturales, domésticos, docentes, etc...

## II. OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Llevar a cabo un análisis del desarrollo de un plan de manejo de las aguas residuales recuperadas, con especial énfasis en el cuidado ambiental, de manera que sea efectivo el saneamiento de la Bahía de Todos Santos previendo el impacto sobre el medio marino y dando seguimiento al proyecto y actividades de la Eco-Planta de tratamiento de aguas residuales municipales “El Naranja”.

### 2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Elaborar un plan de manejo de aguas tratadas.
- 2.- Evaluar el potencial de la planta “El Naranja” como fuente de agua de reuso, capaz de disminuir los problemas ambientales y sociales que existen en la zona relacionados con el manejo del recurso hídrico.
- 3.- Evaluar el nivel de conocimiento general respecto a la “cultura del agua” en la región.
- 4.- Estimar los beneficios que significa para las actividades de zona costera el desarrollo de un plan de manejo de aguas tratadas.

### III. MARCO DE ACTIVIDADES

Por la naturaleza y finalidad de este estudio se realizó un plan de trabajo que dividió las actividades en dos grupos : búsqueda de información específica sobre el manejo del recurso acuático en regiones costeras e investigación de la problemática del recurso hídrico en la zona de estudio, con el fin de utilizar únicamente la parte útil de la gran cantidad de información, técnicas y datos que se han generado a nivel mundial alrededor de las actividades que involucran al agua y su problemática.

En la búsqueda de antecedentes se revisaron diversos trabajos realizados en el estado primeramente, y en general en todo el país, con el propósito de conocer planes preexistentes de actividades relacionadas con el reuso de agua y con el grado de desarrollo que puedan tener ; se realizó una investigación acerca del proyecto “El Naranja”. La necesidad de su creación, los términos de su planeación, su licitación, construcción, aquellos controles que fueron establecidos por las diferentes dependencias que tuvieron competencia. Se distinguieron, mediante la elaboración de un cuadro propuesto por Sorensen et al (1992) los principales actores involucrados, es decir aquellas instituciones, dependencias, grupos o personas que pueden resultar afectados o interesados en el manejo del agua. Se identificaron las estrategias más comunes que han sido utilizadas en diferentes lugares para la implementación de proyectos de reuso de agua. Se escogieron y proponen algunos controles sanitarios y ambientales a tomar en cuenta en el caso que se analiza.

En la investigación realizada en la zona se llevó un seguimiento del interés que ha despertado en la comunidad tanto la construcción de la planta, como su operación y la deposición final de las aguas tratadas, a través del registro de noticias en los periódicos, envío de cartas y la realización de entrevistas a diferentes funcionarios para poder establecer el conocimiento o desconocimiento de un plan de reuso elaborado especialmente para el proyecto.

Se detectaron, mediante diagramas de flujo puntos críticos que representan un obstáculo en la realización de un plan de manejo ; se diseñaron y aplicaron encuestas dirigidas a la población, seleccionando cuatro puntos de muestreo (la salida de las oficinas de pago del agua, la salida de un centro comercial, la salida de un hospital y la salida de la cafetería universitaria) para poder determinar el nivel de concientización y cultura del agua con que se cuenta y poder compararlo con el de otros lugares.

Dentro de las actividades del taller denominado : “Métodos de evaluación rápida (RAP : Rapid Assesments Procedures) ; para proyectos de agua, saneamiento y salud de la comunidad” llevado a acabo del 30 de agosto al 4 de septiembre en el Centro de Investigación Científica y de Enseñanza Superior de Ensenada (CICESE) se diseñó una guía “para agua” en la que se analizan los problemas que involucran al agua y a la comunidad ; aplicando la metodología de RAP (observación participante, grupos focales, triangulación, entrevista etnográfica, etc.) se utilizó la guía de agua para aprender de los problemas que en ciertas colonias se tienen por la falta de servicio de agua entubada, la manera en que se realiza el abasto, el aprovechamiento y reuso del recurso cuando las condiciones sociales y ambientales propician a ello.

Se buscaron e identificaron zonas con problemas que pueden ser remediados o atenuados con la disponibilidad del agua tratada, estos lugares se clasificaron y ubicaron por prioridades dentro de un esquema elaborado en base a las implicaciones ambientales y sociales de las diferentes actividades que se proponen para el reuso del agua residual recuperada ; se revisaron diversos trabajos, reglamentaciones y figuras teóricas con el fin de seleccionar aquellos (as) que sirvan para la simplificación en el seguimiento del plan de manejo ; se realizó un diagnóstico del potencial económico del agua tratada como negocio, basado en experiencias de otros lugares y se le ubicó dentro del contexto de la actividad de reuso que se propone para la región.

Figura 1  
Diagrama de Actividades



#### IV. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en la parte noroccidental del estado de Baja California, México, a una distancia aproximada de 100 km. de la frontera México-Estados Unidos. Posee un alto crecimiento industrial y poblacional, con alrededor del 71.8% de la población de todo el municipio ; (XV Ayuntamiento,1996). La zona de estudio limita al Norte con la Mesa del Carmen en San Miguel, al Sur con cabo Banda en la Península de Punta Banda, al Oeste con las Islas Todos Santos y al Este con la cota de los 200 msnm, establecida como límite al desarrollo urbano por el Programa de Desarrollo Urbano Ensenada (Programa de Desarrollo Urbano, 1992).

El clima en la zona es de tipo Mediterráneo (semiseco templado), con temperatura media anual de 16<sup>0</sup>C, algo extremo con oscilación promedio anual de 9.6<sup>0</sup>C, registrándose la mayor temperatura en Agosto y la más baja en Enero ; los veranos son frescos, se presentan nieblas frecuentes sobre el mar y a lo largo de la costa ; los vientos predominantes son los procedentes del Noroeste, especialmente constantes en los meses cálidos del año, la dirección Oeste que le sigue en importancia se presenta más frecuentemente en invierno que en verano, la Bahía Todos Santos presenta predominantemente un régimen de brisas con vientos de mar a tierra durante el día, que se acentúa especialmente después de mediodía, durante la noche, el viento sopla de tierra a mar con una dirección variable e intensidad muy baja. En Ensenada, las precipitaciones pluviales son escasas y no responden a ciclos o períodos normales y uniformes, resultando mucho más aisladas en las zonas costeras durante el verano, acusando aumentos en invierno, con raras excepciones (Secretaría de Marina,1974). No existen aportes significativos por ríos o arroyos, los arroyos Ensenada y San Carlos son importantes únicamente en invierno, cuando ocurre precipitación pluvial, mientras que el arroyo El Gallo capta las aguas residuales de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) con un volumen de 480 lps y de las empresas del corredor industrial

Pedro Loyola, con un volumen de 7.5 lps, desembocando finalmente en el mar (Orozco Borbón, 1994) (Cespe, Com. Pers. 1998).

El centro de Población Ensenada se localiza entre los  $31^{\circ} 39'$  y los  $31^{\circ} 57'$  latitud Norte y los  $116^{\circ} 30'$  y los  $116^{\circ} 36'$  longitud Oeste; la región comprende un área de 46,000 has, aproximadamente, en donde se considera que el desarrollo urbano y el puerto de Ensenada, B.C. , ejercen una influencia directa. Esta extensión incluye las poblaciones de El Sauzal, ejido Chapultepec, Maneadero, los poblados de El Zorrillo y Esteban Cantú, las áreas urbanas del Estero de Punta Banda y la Joya, así como las Islas de Todos Santos; La influencia en forma indirecta imprime cambios al medio rural y urbano del área de estudio (Gobierno del Estado, 1997).

La Bahía de Todos Santos se localiza entre los  $31^{\circ} 43'$  y los  $31^{\circ} 55'$  latitud Norte y los  $116^{\circ} 36'$  y los  $116^{\circ} 50'$  longitud Oeste ; tiene una forma trapezoidal con una superficie de 24 000 has ; 22.2 km. de largo y 14.4 km. de ancho (Secretaría de Marina, 1974).

Las aguas de la Bahía de Ensenada son someras, cerca del 90% del área de fondo se encuentra entre los 10 y 50 m de profundidad, y el resto forma parte del angosto cañón submarino de Todos Santos, entre las islas del mismo nombre y Punta Banda, con salida al suroeste ; en la bahía, las isóbatas superiores a 50 m son irregulares en su dirección, y sólo a partir de la isóbata de 15 m tienden a ser paralelas a la línea de costa, especialmente en el margen este que se encuentra constituido por playas arenosas. Resalta dentro de la bahía, el estero de Punta Banda, que es una laguna costera pequeña separada de la bahía por una barra arenosa de poco más de 7 km. de longitud, que parte de la base de Punta Banda ; esta formada por un canal angosto en forma de "L", de poca profundidad, que alcanza un máximo de 6 m. En general, la variación anual en la temperatura superficial de la bahía es de  $5.5^{\circ}\text{C}$ , con un mínimo de  $14^{\circ}\text{C}$  en marzo y un máximo de  $20^{\circ}\text{C}$  en agosto, en junio y julio la temperatura promedio es de  $16^{\circ}\text{C}$  en la parte interna de la bahía, la temperatura máxima se registra en agosto con  $21.5^{\circ}\text{C}$ . La

salinidad superficial en la bahía muestra un promedio bastante uniforme de aproximadamente 34.4‰. (Secretaría de Marina, 1974).

Las corrientes en la Bahía Todos Santos presentan dos patrones generales de distribución, el primero entra por San Miguel, al extremo norte de la bahía y llega hasta la región del Ciprés, donde dobla en dirección a la parte Norte de las islas Todos Santos, donde sale. El segundo patrón de corrientes entra a la bahía por Punta Banda, en el extremo sur, llega hasta la región del estero de Punta Banda y dobla hacia la parte sur de las islas Todos Santos, por donde sale de la bahía (Ramírez Mangilar, Com. Per.1998). Esta situación en la distribución general de las corrientes en la bahía provoca una situación especial, ya que aproximadamente la mitad de la bahía se encuentra muy contaminada, debido principalmente a las descargas de aguas residuales tratadas y no tratadas por CESPE en el arroyo el gallo, que provoca la distribución de contaminantes a lo largo de la mayor parte de las playas municipales, mientras que el agua de la segunda porción, correspondiente al patrón sur de corrientes, se mantiene en muy buenas condiciones de calidad (aquí se encuentran las áreas de cultivos certificados internacionalmente para el consumo humano (Orozco Borbón, *et. al.* 1998).

#### 4.1 ACTIVIDADES EN LA REGION DE ENSENADA

La región de Ensenada cuenta con diversas actividades económicas, anteriormente resaltaba la actividad pesquera, especialmente de capturas de atún, anchoveta y sardina, a raíz de los dos embargos atuneros impuestos a México por Estados Unidos, el primero de 1980 a 1986, por problemas de jurisdicción de aguas de pesca y el segundo de 1990 a 1998 (aunque oficialmente no se ha levantado) por cuestiones de pesca de delfines, provocó la casi desaparición de las grandes pesqueras en la región, cuya presencia aún se evidencia en las naves industriales abandonadas en la zona del Sauzal (Comisión Atún-Delfin, Com.Per. 1998).

El desarrollo industrial ha tenido un decremento debido al cierre antes mencionado de varias empresas procesadoras de productos pesqueros ubicadas al norte de la bahía (El Sauzal), por lo que en la actualidad la contaminación orgánico-bacteriológica en la bahía de Todos Santos proviene de la CESPE y de las empresas ubicadas en el corredor industrial de la calle Pedro Loyola, que descargan directamente en el Arroyo el Gallo (Tanahara Romero, 1996).

A partir de 1994, se cuenta con la puesta en marcha de un plan para la reactivación del puerto. El recinto portuario cuenta con 250.4ha (35% terrestre y 65% de áreas de agua), de las cuales 33.6 ha son para futuros desarrollos (API, 1995). En años recientes, Ensenada ha registrado un crecimiento significativo en el volumen operado de mineral a granel así como en el manejo de contenedores. El puerto se ha convertido en un punto de distribución de diversos productos, tales como fruta, insumos para la industria maquiladora, caliza y partes para automotores. El puerto tiene un importante tráfico de cruceros turísticos que lo ha posicionado en el segundo lugar a nivel nacional, al recibir un promedio de 29,000 pasajeros y 53 arribos mensualmente (API, 1995).

En los últimos 10 años, la economía de la ciudad y puerto de Ensenada se ha diversificado grandemente, la pesca, a pesar del declinamiento en su desarrollo en la década pasada, mantiene un potencial fuerte, especialmente ahora, que el embargo atunero, esta en trámites para ser levantado. El turismo se ha incrementado por la cantidad de cruceros que visitan mensualmente el puerto, lo que demanda un aumento de atractivos turísticos en la limitada oferta que la ciudad ofrece. Mención aparte merecen las playas de la localidad, que han sido gradualmente restringidas al acceso de bañistas, por el nivel de contaminación en sus aguas, oficialmente sólo son aptas para acudir desde la zona denominada Coronitas hasta el estero de Punta Banda, abarcando dicha zona las playas Mona Lisa y el Faro. Debido a las recientes lluvias del invierno 97/98 y como consecuencia del fenómeno del niño, para el verano (98) la zona descrita se encuentra más reducida aún, es importante señalar además que no se lleva a cabo una información del monitoreo continuo de los componentes orgánicos y

bacteriológicos en las playas para establecer mayores controles, o en el caso contrario, levantar restricciones sobre zonas que hayan mejorado la calidad de sus aguas (Zavala Hans<sup>1</sup>, com. per.1998). La agricultura por su parte, permanece como una actividad importante, especialmente en el valle de maneadero, al sur de la región, que cultiva trigo, cebada, cebollín, vid, alfalfa, tomate y otras hortalizas, la mayor parte de exportación (XV Ayuntamiento,1996). A pesar de los problemas que enfrenta actualmente el valle, como son falta de abastecimientos de agua, agotamiento de mantos fríaticos por sobreexplotación e intrusión de la cuña salina en las tierras costeras de cultivo.

La industria está caracterizada por dos principales exponentes : pesquera y maquiladora esta última con fuerte nivel de expansión, con la facilidad de aprovechar la infraestructura de naves industriales existentes en El Sauzal por un lado, y el crecimiento de la zona industrial Chapultepec, en la carretera transpeninsular, al sur de la región, por otro (El Mexicano, 1998).

Dentro de la bahía, se realiza la extracción comercial de algas marinas como Macrocistys sp., la pesca comercial de especies como sardina, anchoveta, atún aleta amarilla, barrilete y bonita, la pesca ribereña de erizo, abulón, langosta y pepino de mar (XV Ayuntamiento,1996) ; la acuicultura aprovecha la alta calidad de las aguas de una porción de la bahía para el cultivo de moluscos de importancia comercial : mejillón en el área de Punta Banda, y abulón frente a las Islas Todos Santos.

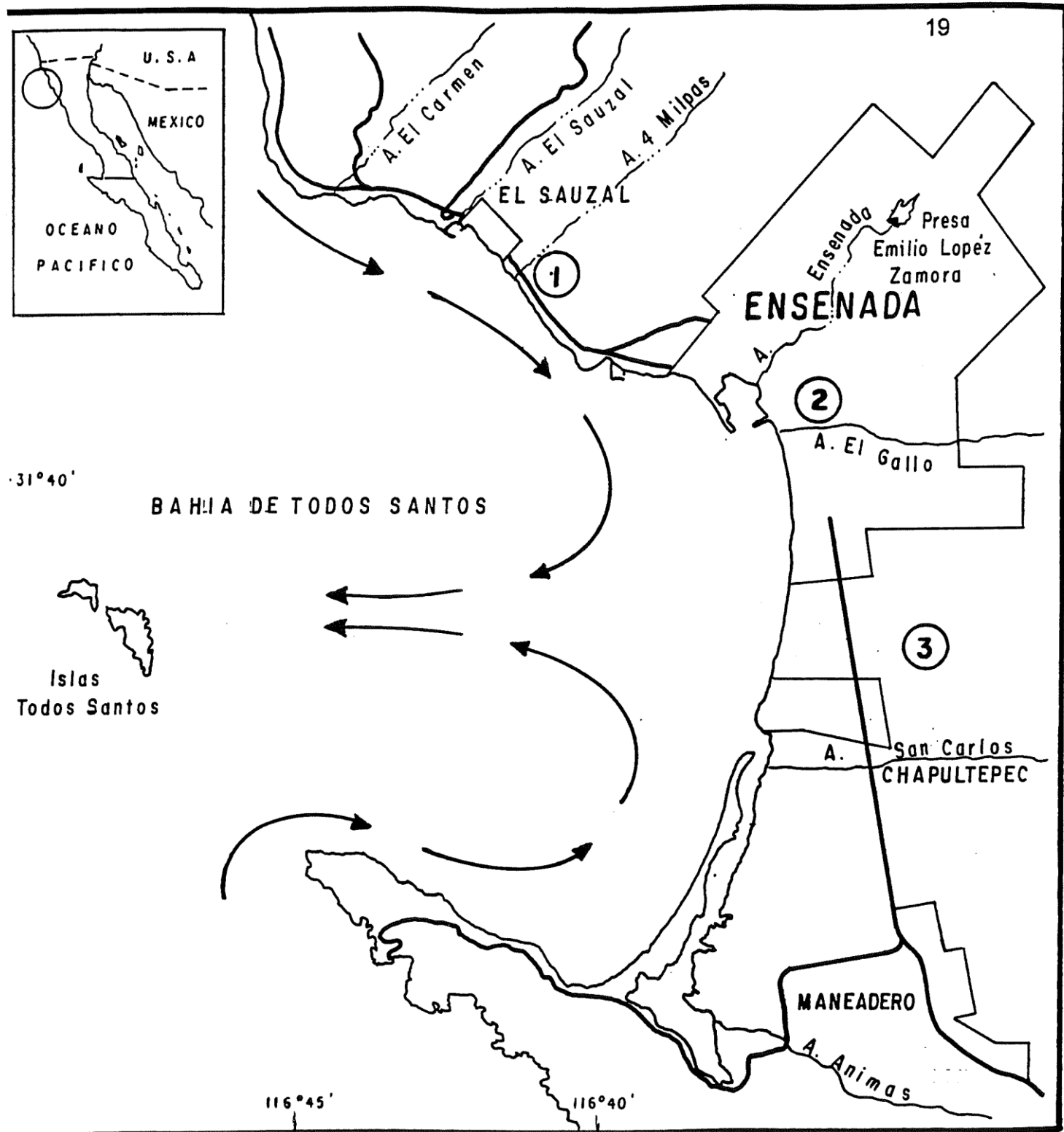


Figura 2  
Area de Estudio

- 1.-Planta de Tratamiento "El Sauzal".
- 2.- Planta de tratamiento "El Gallo".
- 3.- Planta de Tratamiento "El Naranjo".

Las Flechas Indican el Sentido de las Principales Corrientes en la Bahía.

## V. RESULTADOS

### 5.1 EFECTO DE LAS AGUAS RESIDUALES SOBRE EL MEDIO MARINO

Se conoce como agua residual al agua que ha disminuido su calidad a consecuencia de cualquier actividad humana (Escalera Burillón,1992. Canino Herrera, 1998). Esta agua contiene una combinación de los desechos líquidos y sólidos, y acarreados por el agua provenientes de residencias, edificios comerciales, plantas industriales, instituciones, agua subterránea, agua superficial, agua pluvial, etc.,. (Flores Báez,1997). Las aguas de desecho urbano e industrial pueden presentar algunas características semejantes, sin embargo, las aguas residuales industriales presentan además tantos contaminantes como procesos industriales existen; son aguas con mucha materia inerte, minerales suspendidos o coloidales, muy ácidas o alcalinas, con colorantes o bacterias patógenas (Escalera Burillón,1992) pero son más homogéneas de acuerdo a su composición (Canino Herrera,1998).

### 5.2 FUENTES DE CONTAMINACION DEL AGUA

**DOMESTICAS :** Materia orgánica, grasas, agentes patógenos, detergentes,  $Cl_2$ , parásitos.

**RESTAURANTES :** Grasas, sólidos, materia orgánica, detergentes,  $Cl_2$ , parásitos.

**PLUVIALES :** Arena, tierra, humus , hidrocarburos, solventes.

**INDUSTRIALES :** Proteína, sanguaza, grasa, aceite, materia orgánica, patógenos, sosa, ácidos, pigmentos, solventes, almidones, tintas, hidrocarburos, metales pesados, etc.,.

TABLA 1

. Las actividades industriales más contaminantes son :(Durán de Bazúa, 1998)

<b>1)</b> Industria Alimenticia	<b>2)</b> Industria Química	3) Industria Papelera	4) Industria Textil
2) Industria de la Refinación del Petróleo	3) Industria Petroquímica Básica	7) Industria Vitivinícola y Cervecería	8) Industria de la Curtiduría
<b>9)</b> Industria Eléctrica	10) Industria del Acabado de Metales	<b>11)</b> Industria del Acabado de Metales	<b>12)</b> Industria de Beneficios del Café

SERVICIOS : Hoteles : materia orgánica, detergentes, solventes, patógenos.

Talleres Fotográficos : Nitrato de plata, solventes.

Restaurantes : Materia orgánica, grasa, patógenos, solventes,  
detergentes.

Hospitales : Materia orgánica, patógenos, virus.

Imprentas : Solventes, tintas.

Tenerías : Solventes, venenos.

MAQUILADORAS : Solventes inorgánicos, orgánicos, sosa, ácido, metales  
pesados..

AGRICOLAS : Plaguicidas, fertilizantes (N,P), materia orgánica.

### 5.3 EFECTO SOBRE EL MEDIO MARINO

La noción de polución no se refiere a la “pureza” de las aguas, ni siquiera a sus aptitudes, sino a las modificaciones de sus características debidas a la influencia del hombre (Pesson,1979).

TABLA 2.

Los principales aspectos en que afecta la intrusión de contaminantes en el medio acuático son :

BASICOS	BIOQUIMICOS	FISICOQUIMICOS	SUST. TONICAS
1) Materiales en suspensión	Balance de Oxígeno :	1) Ph	1) Acumulación en sedimentos
2) Color	a) DBO	2) Potencial de óxido-reducción	2) Efecto sobre la biota
3) Transparencia	b) DQO	3) Conductividad	3) Transferencia en las redes alimentarias
4) Temperatura	c) Biodegradabilidad	4) Cloruros	
5) Radioactividad	d) Autodepuración	5) Nitrógeno	
6) Olor	e) Fotosíntesis	6) Fósforo	
		7) Azufre	
		8) Carbono	
		9) Hierro y Magnesio	

\*Modificado de Pesson (1979)

El medio marino es un sistema muy rico, lleno de vida y específico, cuya proximidad al hombre es para él causa de modificaciones que no dejan de tener su peligro (Aubert,1968). El impacto ambiental asociado es un elemento fundamental

de la evacuación del agua residual. En la actualidad, existen muchas normativas, criterios, políticas y estudios ambientales, que se encargan de asegurar que los impactos de las descargas de aguas residuales tratadas a cuerpos de agua receptores sean aceptables. De esta forma el tratamiento y la evacuación de aguas residuales son dos disciplinas que ligadas entre si que no se pueden tratar por separado y presentan algunas consideraciones para su estudio, que son : (Metcalf & Eddy, 1996):

- 1.- Parámetros de calidad del agua y criterios de calidad
- 2.- Procesos actuantes
- 3.- Evacuación a lagos y embalses
- 4.- Evacuación a ríos y estuarios
- 5.- Evacuación al mar

1) Los parámetros de calidad del agua residual que tienen importancia en los vertidos de aguas residuales son el oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos, bacterias, nutrientes, pH y compuestos químicos tóxicos, entre los que se encuentran los compuestos orgánicos volátiles, los neutralizadores ácidos/básicos, metales, plaguicidas y bifenilos policlorados (PCBs).

La importancia del oxígeno disuelto para la vida acuática se debe a que, en los casos en que el nivel de OD se sitúa por debajo de 4-5 mg/l, se pueden producir efectos nocivos en determinadas especies. Los sólidos suspendidos afectan a la turbiedad de la columna de agua y acaban por sedimentar en el fondo, lo cual puede dar lugar a un enriquecimiento béntico, toxicidad y demanda de oxígeno de los sedimentos. La presencia de bacterias coliformes se suele adoptar como indicador de la presencia de otros organismos patógenos de origen fecal, y como tal, se utiliza para determinar la seguridad de la utilización de un agua para usos recreativos. Los nutrientes pueden provocar eutrofización y descenso de los niveles de OD. La acidez del agua, medida por su pH, afecta al equilibrio químico y ecológico de las aguas ambientales. Los compuestos químicos tóxicos incluyen una variedad de compuestos que, a diferentes concentraciones, provocan efectos ambientales nocivos para la vida acuática y para el hombre, en caso de que ingiera el agua y/o la vida animal acuática, los efectos tóxicos sobre la vida acuática se caracterizan como agudos si aparecen

tras un corto periodo de exposición al constituyente tóxico (del orden de varias horas), o crónicos, si requieren mayor tiempo de exposición.

El sistema de control de vertidos de aguas residuales más común es una adaptación de las prácticas que se desarrollan actualmente en Estados Unidos de Norteamérica, y consiste en establecer limitaciones de calidad de los efluentes y conceder permisos de vertido. Estos límites se basan en estudios individualizados de los posibles impactos ambientales y en estudios de concentración de residuos dirigidos a repartir con equidad los estudios de vertido.

2.- Los Procesos actuantes son físicos, químicos o biológicos que controlan la evolución de los parámetros de calidad del agua anteriormente citados, estos procesos son muy variados y numerosos, y se dividen en procesos de transporte (advección y difusión) que afectan de manera similar a todos los parámetros de calidad, y los procesos de transformación (demanda bioquímica de oxígeno 'DBO', reaeración superficial, DBO de los sedimentos, fotosíntesis, respiración, deposición de sólidos, adsorción y volatilización) que afectan de forma diferente a cada constituyente.

3.- En muchos lugares en los que no existen cursos de agua en las proximidades puede ser necesario verter las aguas residuales tratadas en lagos o embalses. Otras aportaciones que suelen afectar a lagos y embalses son los lixiviados de sistemas de tanques sépticos y el escurrimiento superficial, los cuales pueden contener DBO, nutrientes y otros contaminantes.

4.- Para el estudio de las evacuaciones en ríos y estuarios, se toma en cuenta que estos suelen tener una dimensión preponderante, constituyendo cuerpos de agua más largos que anchos, como consecuencia de esto, las aportaciones de efluentes de plantas de tratamiento y otras fuentes se mezclan rápidamente en la sección transversal. Para el estudio del comportamiento de los parámetros en estas formaciones se adoptan modelos matemáticos unidimensionales, con los que se pretenden estudiar las variaciones longitudinales de las concentraciones de los constituyentes, tomando como punto de partida los valores medios en cada sección.

5.- Vertido al mar.- El mar y los lago de grandes dimensiones tienen una gran capacidad de asimilación. Para llevar a cabo estos vertimientos generalmente se recurre, para transportar el agua residual hasta un punto de vertido, situado mar adentro, a estructuras como un túnel, o una tubería enterrada, o que descansa sobre el fondo marino. Esto se debe a que el agua residual tiene menor peso específico que las aguas residuales (la densidad del agua marina depende de su salinidad y de su temperatura, mientras que la de las aguas residuales depende de su temperatura y, en menor grado, de su concentración de sólidos suspendidos) por lo que se tiene que tener cuidado para calcular el mezclado inicial, la dilución y la distribución de los constituyentes del efluente. La predicción de estos comportamientos se realiza con estudios matemáticos, teniendo en cuenta los efectos combinados de la boyancia del efluente, de la estratificación del medio, y de la presencia de corrientes.

#### 5.4 LAS AGUAS RESIDUALES

El principal efecto de tirar aguas residuales en un cuerpo receptor, es la eutroficación no controlada, es decir un incremento en los nutrientes no contaminantes para los organismos cuyo efecto final es la anoxia ; en el medio natural existe un equilibrio en el que participan bacterias y fitoplancton ; las bacterias consumidoras de oxígeno y materia orgánica, producen CO<sub>2</sub>, nitrógeno y fósforo que son aprovechados junto con la luz por el fitoplancton que a la vez es consumido por otras especies, manteniendo así el ritmo trófico del ecosistema en la zona. Al introducirse una descarga de aguas residuales, que tienen alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, aparentemente se fertilizan las aguas, pero las descargas en exceso provocan que las bacterias y el fitoplancton aumenten su número, consumiendo mayores cantidades de oxígeno disuelto en el agua y reduciéndolo, al propiciar las condiciones de anoxia, muchos organismos mueren y junto con la acción de las bacterias anaerobias promueven la formación de mantos lodosos con producción de metano y ácido sulfhídrico.

Por otro lado, las aguas residuales además de materia orgánica, nitrógeno y fósforo también acarrearán otras partículas que causan daños en la zona de descarga, como sólidos, sustancias tóxicas y detergentes. El resultado final de una descarga constante sobre una zona va a generar un cambio en la estructura de la biota, en la vida bentónica y en el papel de los diferentes niveles tróficos, por la introducción o desaparición de los organismos que los representan.

La susceptibilidad del agua de mar a los contaminantes depende del sistema marino: estuario, aguas costeras u océano abierto ; la multitud de organismos que los habitan requieren ciertas condiciones ambientales para reproducirse y sobrevivir, los cambios a estas condiciones pueden ocurrir por la introducción de aguas residuales a los diferentes cuerpos de agua que existen (Escalera Burillón, 1992 ).

## 5.5 LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Puede Definirse como agua subterránea el agua subsuperficial que aparece justo bajo el nivel freático en suelos y formaciones geológicas completamente saturadas. Los acuíferos son aquellas formaciones geológicas que tienen la permeabilidad adecuada (porosidad y fracturamiento) para transmitir y producir agua (Instituto de Geofísica- UNAM 1991).

El agua subterránea es parte integral del ciclo hidrológico, además, dentro del balance mundial de agua, ésta ocupa el 9.5%, mientras que el agua superficial, el 3.5% y la humedad del suelo, 1.5% (Instituto de Geofísica-UNAM,1991).

Tabla 3  
Balance de Agua en el Mundo (UNAM,1991)

Parámetro	Area Sup. Km <sup>2</sup> x 10 <sup>6</sup>	Volumen km <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>	Volumen %	Profundidad m	Tiempo de Residencia
Océanos y mares	361	1370	94	2500	aprox. 4000 a.
Lagos y Reservorios	1.55	0.13	< 0.01	0.25	aprox. 10 a.
Pantanos	< 0.1	< 0.01	< 0.01	0.007	1-10 a.
Canales de ríos	< 0.1	< 0.01	< 0.01	0.003	aprox. 2 semanas
Humedad del suelo	130	0.07	< 0.01	0.13	2s.-1a.
Agua subterránea	130	60	4	120	2 s.- 10 <sup>4</sup> a.
Glaciares	17.8	30	2	60	10-10 <sup>3</sup> a.
Agua atmosférica	504	0.01	< 0.01	0.025	aprox. 10 días
Agua biosférica	< 0.1	0.01	< 0.01	0.001	aprox. 1 semana

a. = años ; s. = semanas.

El agua subterránea es importante como fuente de agua potable, para la irrigación agrícola y para uso industrial, además de ser una de las mayores fuentes naturales en varios lugares del mundo. El agua subterránea puede contaminarse de muchas maneras, entre las que se incluyen las actividades humanas. La maneras de

proteger las fuentes de agua subterránea es identificar las áreas y los mecanismos por los cuales los contaminantes entran al sistema.

Muchos productos domésticos contienen gran cantidad de sustancias químicas orgánicas que al ser descargadas en tanques sépticos y líneas de desagüe llegan hasta el nivel freático. De igual manera algunas operaciones comerciales como servicios automotrices, lavado de autos e imprentas resultan ser los mayores contaminantes del agua subterránea. También algunas operaciones agrícolas afectan al agua subterránea elevando la cantidad de pesticidas y sales inorgánicas en esta (Instituto de Geofísica-UNAM, 1991).

Las aguas subterráneas se pueden contaminar por diferentes medios, entre los que se encuentran :

- a) Contaminación por tanques sépticos
- b) Contaminación por hidrocarburos
- c) Contaminación por sustancias orgánicas
- d) Contaminación por zonas de desechos (basureros)

De las arriba mencionadas, en este estudio la contaminación que más interesa es la causada por sustancias orgánicas, ya que pueden llegar a presentarse en aguas residuales. En general, el agua subterránea contiene pequeñas cantidades orgánicas disueltas de origen natural y son las que determinan la calidad del agua. Estas sustancias resultan de la biodegradación de las plantas y pequeños organismos y en general no llegan a afectar la calidad del agua, sin embargo, las sustancias orgánicas que produce el hombre contaminan considerablemente el agua subterránea por alcanzar proporciones sumamente elevadas (Instituto de Geofísica. UNAM, 1991).

Se ha determinado que estas sustancias son relativamente resistentes a la degradación biológica, ya que aún cuando son atacadas por microorganismos éstos actúan de manera muy lenta sobre las sustancias, pues necesitan condiciones donde el oxígeno se haya agotado totalmente para actuar. Sólo cuando aquellas quedan atrapadas en la fase de adsorción del suelo, la biodegradación es rápida. Al llegar al acuífero, estas sustancias disminuirán la calidad del agua debido a su toxicidad. Los

orgánicos tóxicos, en su mayoría, deben sus propiedades peligrosas a los átomos de halógeno, en particular del cloro, y a algunas sustancias no halogenadas como el benceno. Cuando éstos superan los límites permitidos, hacen que el acuífero no se emplee para suministro humano. Este tipo de contaminación puede durar por varias décadas, ya que tanto los procesos químicos como los físicos disminuirán de una manera muy ligera la toxicidad de estas sustancias. (Instituto de Geofísica. UNAM, 1991).

Tabla 4  
Concentraciones Máximas Permitidas para Contaminantes Orgánicos en Agua Subterránea  
(United States Environmental Protection Agency, 1976)  
(World Health Organization. European Standards, 1970)

Constituyente	Concentración (mg/l)
Cianuro	0.05
Endrin	0.0002
Lindano	0.004
Metoxiclor	0.1
Toxafeno	0.005
2,4-D	0.1
2,4,5-TP Silvex	0.01
Fenoles	0.001
Detergentes sintéticos	0.05
Extracto de carbono en cloroformo	0.2

En 1976 se reportó la identificación de más de 1200 sustancias orgánicas sintéticas en los abastecimientos de agua para beber y que se continuaría identificando una gran cantidad de ellas, por lo que el problema alcanza proporciones alarmantes (EPA, 1976).

Algunos acuíferos han logrado restaurarse, la restauración de una área contaminada del acuífero depende en gran medida de sus propiedades geológicas, geoquímicas e hidrológicas, además de las propiedades físicas y químicas del contaminante. En la mayoría de los casos el tratamiento es costoso e incluye varias alternativas (Instituto de Geoquímica-UNAM, 1991) :

- a) Eliminar la fuente de contaminación y permitir que la restauración continúe sólo a través de reacciones naturales en el flujo de agua (reacciones biológicas o geoquímicas).
- b) Acelerar la remoción de contaminantes a través de remover, drenar o utilizar pozos para el agua subterránea.
- c) Acelerar el flujo de agua por medio de recargas artificiales.
- d) Instalar barreras impermeables para aislar el área contaminada
- e) La inducción de reacciones químicas o biológicas que puedan neutralizar o inmovilizar al contaminante.
- f) La excavación y remoción del área contaminada del acuífero.

En cualquier caso, resulta más barato y sobre todo mas conveniente prevenir la contaminación del acuífero que tratar de restaurarlo, ya que en algunos casos la contaminación abarca áreas muy grandes del acuífero que hacen imposible su reparación y por lo tanto su uso (Instituto de Geoquímica-UNAM, 1991).

En el caso de la recarga de acuíferos con agua residual recuperada, se ha empleado para : (1) reducir, detener, o incluso invertir, los fenómenos de descenso del nivel del agua subterránea ; (2) proteger el agua dulce de acuíferos cercanos a la costa frente a la intrusión de aguas saladas marinas, y (3) almacenar agua residual recuperada y agua superficial para su uso futuro (Metcalf & Eddy, 1996).

La recarga de acuíferos con agua residual recuperada es una posibilidad de reutilización del agua residual que resulta en un aumento planificado de los recursos de agua subterránea. Esta recarga se realiza mediante dos métodos : (1) recarga en superficie mediante balsas de infiltración, y (2) inyección directa a acuíferos subterráneos (Metcalf & Eddy, 1996).

1.-Recarga de acuíferos por infiltración en superficie. La infiltración en superficie es el método de recarga de acuíferos más sencillo, antiguo, y más comúnmente empleado. En este tipo de sistemas, e agua destinada a recargar el acuífero percola desde las balsas de infiltración a través de una zona no saturada (zona vadosa). Las balsas de infiltración constituyen la opción de recarga de acuíferos más aceptada y preferida, ya que permiten un uso eficiente de los terrenos disponibles y precisan

escaso mantenimiento (Metcalf & Eddy, 1996). Si las condiciones hidrogeológicas permiten la recarga de acuíferos mediante balsas de infiltración, se puede llevar a cabo la recuperación de aguas residuales de un modo relativamente sencillo, empleando un sistema de infiltración rápida, que es uno de varios procesos de aplicación al terreno, cuyas comparaciones se hacen en las tablas ( 5 y 6 ).

2.- Recarga de acuíferos por inyección directa. La recarga subsuperficial directa se consigue por transporte e inyección del agua directamente a un acuífero subterráneo, se suele inyectar agua residual recuperada con un nivel de tratamiento elevado en la zona de saturación, normalmente en un acuífero bien confinado. La recarga de acuíferos por inyección directa se practica, en la mayoría de los casos, en las zonas en que el nivel freático se halla a gran profundidad, o en el caso en que la topografía o el uso actual del terreno hacen que la infiltración en superficie resulte inviable o demasiado costosa. Este sistema de recarga de acuíferos es especialmente efectivo en la creación de barreras de agua dulce que eviten la intrusión de aguas saladas en acuíferos cercanos a la costa (Metcalf & Eddy, 1996).

Tabla 5  
Comparación de Características de Diferentes Procesos de Aplicación al Terreno  
(Metcalf & Eddy, 1996)

Característica	Baja carga	Infiltración rápida	Riego Superficial	Terrenos pantanosos	Tratamiento con plantas acuáticas
Limitaciones climáticas	Suele ser necesario disponer de instalaciones de almacenamiento durante las lluvias y en tiempo frío	Ninguna (posibles modificaciones en la explotación en condiciones de tiempo frío)	Suele ser necesario disponer de instalaciones de almacenamiento durante las lluvias y en tiempo de frío	En clima frío puede ser necesario almacenar el agua	En clima frío puede ser necesario almacenar el agua
Profundidad hasta el nivel freático	0.6-0.9 m (mínimo)	3.0 m (en los casos en que exista drenaje, se pueden adoptar profundidades menores)	No crítica	No crítica	No crítica
Pendiente	Inferior al 15% en terrenos cultivados ;	No es factor crítico ; las pendientes	Pendientes del 1-8%	Normalmente inferior al 5%	Normalmente inferior al 5%

	inferior al 40% en terrenos no cultivados	demasiado pronunciadas obligan a grandes movimientos de tierras			
Permeabilidad del suelo	De moderadamente baja a moderadamente alta	Alta (arenas, arenas margosas)	Baja (arcillas, limos y suelos con barreras impermeables)	Baja a moderada	Baja a moderada

Tabla 6  
Comparación de Diferentes Características de Diseño de Diferentes Procesos de Aplicación al Terreno (Metcalf & Eddy, 1996).

Características	Baja carga (Tipo 1)	Baja carga (Tipo 2)	Infiltración rápida	Riego superficial	Terrenos pantanosos	Tratamiento con plantas acuáticas
Técnicas de aplicación	Aspersión o superficial <sup>a</sup>	Aspersión o superficial <sup>a</sup>	Generalmente superficial	Aspersión o superficial	Aspersión o superficial	Superficial
Carga hidráulica anual	1.70-6.0	0.6-2.0	6.0-90	7.3-56.7	5.5-18	5.5-18
Superficie necesaria ha/(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /d) <sup>b</sup>	6.0-21.4	18.2-58.8	0.4-6.0	0.65-4.8	1.90-6.6	1.90-6.6
pretratamiento mínimo necesario	Sedimentación primaria <sup>c</sup>	Sedimentación primaria <sup>c</sup>	Sedimentación primaria	Desbaste	Sedimentación primaria	Sedimentación primaria
Evacuación del agua residual aplicada	Evapo-transpiración y percolación	Evapo-transpiración y percolación	Principalmente percolación	Escorrentía superficial y evaporación con algo de percolación	Evapo-transpiración, percolación y escorrentía superficial	Algo de evapo-transpiración
Necesidad de vegetación	Necesaria	Necesaria	Opcional	Necesaria	Necesaria	Necesaria

<sup>a</sup> Incluye riego por surcos

<sup>b</sup> La superficie necesaria no incluye la zona de amortiguación ni los accesos y zanjas

<sup>c</sup> Depende del uso del efluente y del tipo de cultivo

## 5.6 LA SITUACION DE LA PLANTA “EL GALLO”

La planta de tratamiento de aguas residuales municipales “El Gallo” es el único sistema de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Ensenada, existe otra planta llamada “El Sauzal”, localizada en la población del mismo nombre, pero esta atiende únicamente las demandas de dicho centro poblacional, con una capacidad de tratamiento de 50 lps. Actualmente la planta “El Sauzal” está trabajando por debajo de su capacidad, a un gasto promedio de 40 lps. El tratamiento que reciben las aguas en esta planta es muy eficiente, además la planta tiene capacidad para dos módulos más de la misma capacidad que el original, su proceso de tratamiento es de zanjas de oxidación (SAHOPE, 1996).

En la planta “El Gallo” la situación es muy diferente, ha quedado inmersa en la mancha urbana, hacia el sur de la ciudad, y recibe el suministro de agua residual de tres cárcamos (Bucaneros, Diamante y Guadalupe) los cuales la depositan en un proceso de lodos activados. Esta planta se localiza en el centro de la Bahía Todos Santos, y actualmente está rodeada de áreas hoteleras y comerciales con alto potencial de desarrollo, además de una zona industrial importante aledaña. Fue diseñada para tratar 250 lps, en los últimos años se han buscado diversas opciones de rehabilitación, y se han gastado, de 1990 a 1996 más de 7.5 millones de pesos en modificaciones y adecuaciones realizadas a la planta, pero hasta la fecha no tiene la capacidad de tratamiento ni en volumen ni en proceso que permita descargar con las condiciones que tienen fijadas (SAHOPE, 1996).

El volumen que actualmente está llegando hacia esta planta es del orden de 440lps, al llegar a la planta se separa este volumen, y un gasto de 250 lps se hacen pasar a través de los sistemas de la planta, juntándose en la salida, con el excedente que no se trató, descargando dicha mezcla hacia la Bahía Todos Santos por medio del Arroyo El Gallo.

Además, las instalaciones de la planta, actualmente tienen una eficiencia en su tratamiento de alrededor del 65% (Flores Báez, Com.Per.). Las características del efluente de agua tratada, manifiestan valores de DBO superiores a los 128 mg/l (SAHOPE, 1996) por lo que conjuntando todos los factores mencionados podemos decir que las aguas que está recibiendo la Bahía poseen un tratamiento previo de alrededor del 25%-30% de eficiencia real.

Los lodos que son extraídos de los tanques sedimentadores y de aireación, son desecados al aire libre en lechos construidos dentro de las instalaciones de la planta.

Esta situación ha creado una serie de repercusiones sobre la Bahía Todos Santos y sobre la ciudad de Ensenada :

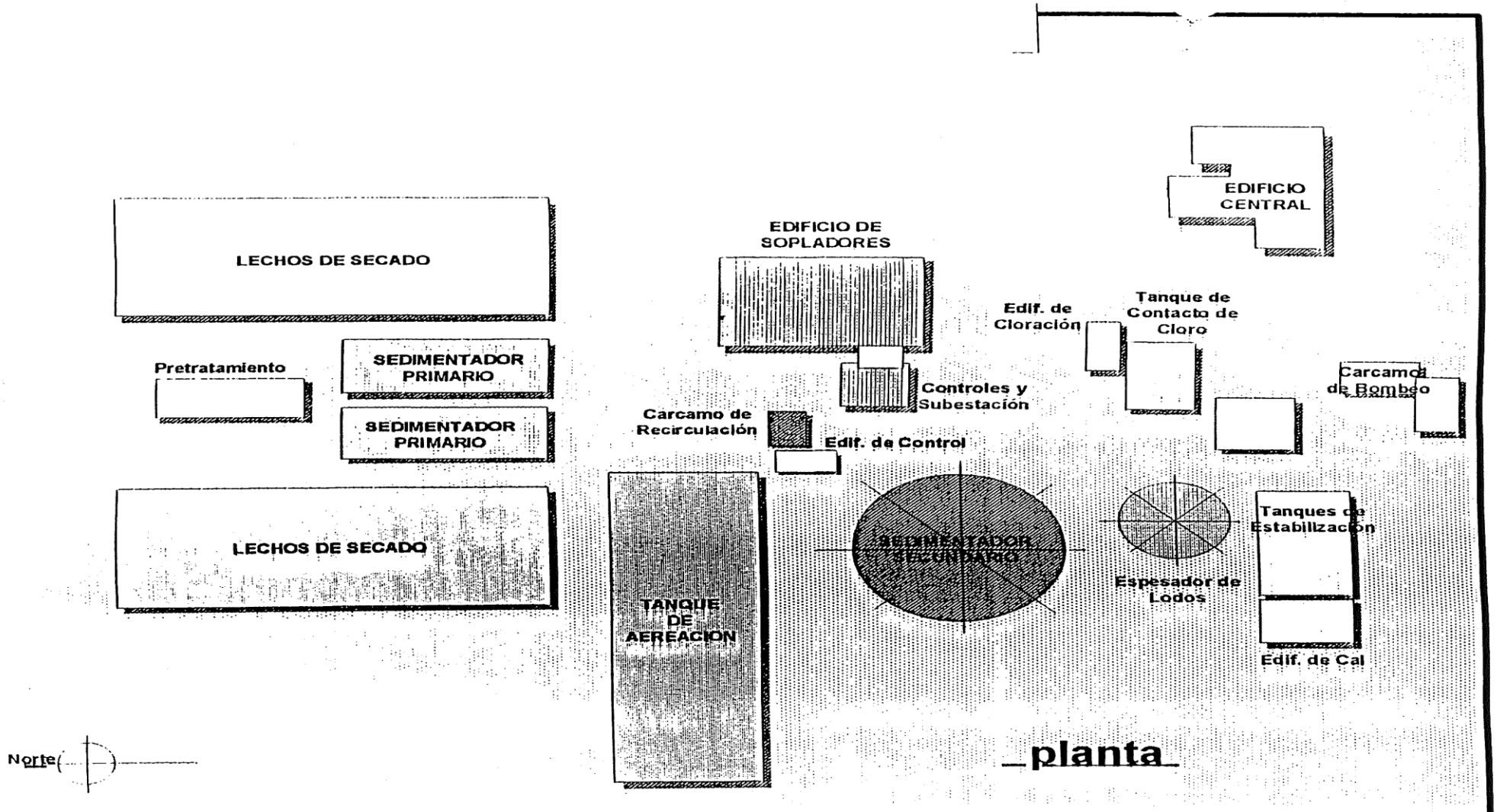
- \* Deterioro de las playa municipales por las descargas de la planta a través del Arroyo El Gallo.
- \* Molestia en los alrededores de la planta por el olor desagradable que causa el tratamiento deficiente y la acumulación de lodos al aire libre.
- \* Deterioro de la calidad visual del lugar por la presencia de la planta de tratamiento.
- \* Límite para el desarrollo turístico y comercial por la presencia de la planta de tratamiento.
- \* Riesgos de salud para las colonias y fraccionamientos creados alrededor de la planta de tratamiento.

A continuación se presentan el esquema de la planta tratadora de aguas residuales municipales “El Gallo” y los parámetros de calidad que presenta.

Tabla 7  
 Parámetros de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “El Gallo”  
 (Filatoff & Szoke, 1997)

Parámetro	Unidad	Influyente	Efluente
Temperatura	°C	19.52	19.63
pH	adimensional	7.45	7.10
DQO	mg/l	1,331.43	386.67
DBO	mg/l	456.06	128.27
Nitrógeno total	mg/l	54.85	39.28
Sólidos totales	mg/l	1,649.43	1,565.60
Sólidos totales fijos	mg/l	1,271.58	1,271.33
Sólidos totales volátiles	mg/l	398.35	462.67
Sólidos suspendidos totales	mg/l	140.36	118.9226
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	115.95	92.96
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	26.65	27.33
Sólidos disueltos totales	mg/l	1,526.14	1,563.67
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	307.16	394.20
Sólidos sedimentables	mg/l	0.95	huellas
S.A.A.M.	mg/l	1.20	0.45
Grasa y aceites	mg/l	144.83	114.90
Alcalinidad total	mg/l	417.43	365.00
Colifomes totales	NMP/100 ml	111,000.00	71,000.00
Temperatura ambiente	°C	16.57	16.61
Color	U. APHA	33.57	22.86
Conductividad eléctrica	umhos/cm	2,230.00	2,207.29
Oxígeno disuelto	mg/l	0.00	2.50
Fenoles	mg/l	0.00044	0.00036
Magnesio	mg/l	0.34	0.069
Plomo	mg/l	0.00	0.00
Zinc	mg/l	0.20	0.122
Cromo total	mg/l	<0.001	<0.001
Fósforo	mg/l	9.09	5.05
Cadmio	mg/l	0.00033	0.00

Figura 3  
Planta de Tratamiento "El Gallo"  
(Fuente : :SAHOPE,1996)



### 5.7 DESCRIPCION DEL PROYECTO “EL NARANJO”

La construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales “El Naranja” cuenta con una inversión total de \$105.6 millones de pesos (CESPE,1998). Estará localizada al sur de la ciudad forma parte de un programa más amplio de infraestructura urbana y de participación multisectorial, cuyo objetivo común es contribuir al saneamiento de la Bahía de Todos Santos (Proyecto Ejecutivo, 1996) ;surge como una necesidad de solucionar la grave problemática de la falta de infraestructura para captar las aguas residuales que la ciudad de Ensenada genera ; en la actualidad la CESPE colecta actualmente, a través de la red de drenaje y alcantarillado de la ciudad un promedio de 468lps de aguas residuales, la planta operante, llamada “El Gallo” cuenta con una capacidad para dar tratamiento adecuado a un volumen de 250lps, y esta sobrepasada en un 100% de su capacidad, es decir, capta alrededor de 500lps, de los cuales se tratan los 250 arriba mencionados y posteriormente se juntan con el volumen restante sin tratamiento ; se cuenta también con la planta de tratamiento “El Sauzal”, con una capacidad de tratamiento de 50lps y con un gasto medio de 40lps, el destino final de las aguas residuales tratadas y no tratadas es la Bahía de Todos Santos.

La Compañía Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE), dependencia encargada de la administración del recurso hídrico para el municipio de Ensenada plantea como objetivos para la construcción de la planta de tratamiento “El Naranja” : Eliminar el déficit de tratamiento., apoyar el desarrollo de las actividades turísticas e industriales, frenar el fenómeno de contaminación en la Bahía, **promover el reuso de aguas tratadas** y promover una mejor infraestructura de tratamiento de aguas residuales para una mejor desarrollo económico sano y sustentable en la entidad.

La planta de tratamiento “El Naranja” tendrá una capacidad máxima de 1,000 lps. El proyecto se construye por etapas respondiendo a la demanda que genere el crecimiento poblacional de la ciudad de Ensenada. Durante la primera etapa, se están construyendo cuatro módulos o unidades de tratamiento con una capacidad de 125 lps cada uno. Se proyecta tener funcionando las cuatro unidades iniciales, con una capacidad total de 500 lps para finales de 1998. Las otras cuatro

unidades también de 125 lps tendrán que estar construidas y funcionando a finales de los años 2005, 2009, 2013 y 2017, respectivamente. Como característica distintiva del proyecto, se han seleccionado las alternativas de ubicación geográfica y de tecnología de tratamiento que impulsen y favorezcan, en el corto y mediano plazo, la reutilización total del agua tratada y de los lodos que la planta genera. Los principales elementos del proyecto son :

#### Eco-Planta “El Naranjo”

Planta de tratamiento de aguas residuales municipales con una capacidad inicial de 500 lps, y capacidad total proyectada de 1,000 lps. La planta y todas sus instalaciones ocuparán un predio con una superficie total de 20 Ha (14 ha de construcción y 4 ha de amortiguamiento) ubicado en la localidad conocida como Rancho El Naranjo., al sur de la ciudad de Ensenada. Las ventajas del sitio escogido son : zona aislada protegida por carros, fuera de la zona turística, mínimos olores, área de fácil acceso y reuso total del agua tratada (proyectado).

La planta que se proyectó consiste en zanjas de oxidación tipo carrusel, con filtración en medio dual y desinfección final. Los principales elementos y características del sistema serán :

- 1) **PRETRATAMIENTO** : Se instalará un sistema de rejillas de cribado para limpieza mecánica automática a base de barras de acero soldadas a un marco colocado transversalmente sobre un canal de conducción. Enseguida de las rejillas estará la cámara desarenadora de flujo horizontal y el cárcamo previo al tratamiento secundario. Esta parte del proceso se encontrará instalada en la estación de bombeo “El Ciprés”.
- 2) **TRATAMIENTO SECUNDARIO** : En cada una de las cuatro unidades se construirá una zanja de oxidación cuyas medidas exteriores serán 76 m de largo por 57 m de ancho, con aproximadamente 350 m de canal de circulación interna. Este sistema está clasificado como de aireación extendida. El proceso es una modificación del sistema convencional de lodos activados donde el influente es recirculado por medios mecánicos. La zanja estará equipada con múltiples líneas de difusores de aire (2300 por zanja) y mezcladores independientes. La ventaja de este

proceso es que el área de contacto disponible se aprovecha al máximo, requiriéndose terrenos relativamente menores a los necesarios para otros métodos de tratamientos aeróbicos. El tiempo de retención del agua en este paso será de 20.3 hrs.

- 3) ESTANQUES SEDIMENTADORES : Separan el agua de los lodos, el agua va hacia los filtros y el lodo se recircula al inicio del proceso o eventualmente se desecha y se envía a los espesadores.
- 4) FILTROS DE ARENA Y ANTRACITA.- Se filtra el agua que viene de los sedimentadores y se bombea el agua filtrada hacia el canal de alejamiento, eventualmente se bombeará sin filtrarse.
- 5) PROCESO DE DESINFECCION : Por medio de solución clorada. Se inyecta en la línea de descarga del agua filtrada.

Conjuntamente se construirán una serie de cárcamos de bombeo y recirculación, emisores y canales de alejamiento para la canalización de las aguas crudas al sistema de tratamiento y su posterior conducción hacia sistemas de vertimiento o manejo y lechos de secado de natas y retenidos.

El diseño de la planta tipo carrusel se realizó para los siguientes datos principales :

Tabla 8

Principales Parámetros para Planta “El Naranjo” (SAHOPE, 1998).

Parámetro	Unidad	Efluente
Caudal	lps	1000
DBO	mg/l	30
SST	mg/l	30

El agua residual tratada cumplirá con los parámetros nacionales e internacionales del agua y en algunos casos estará por debajo (Cespe, 1998 en El Mexicano).

Tabla 9  
Parámetros Internacionales de Calidad del Agua (Metcalf & Eddy, 1996).

Parámetro	Unidad	Concentración
N total	mg/l	4.4
P total	mg/l	5.5
pH	adimensional	7.7
Ca	mg/l	37
Mg	mg/l	46
Na	mg/l	410
K	mg/l	27
HCO <sub>3</sub>	mg/l	295
SO <sub>4</sub>	mg/l	66
Cl	mg/l	526
Conductividad eléctrica	dS/m	2.4
Boro	mg/l	1.2
Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	242
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	281

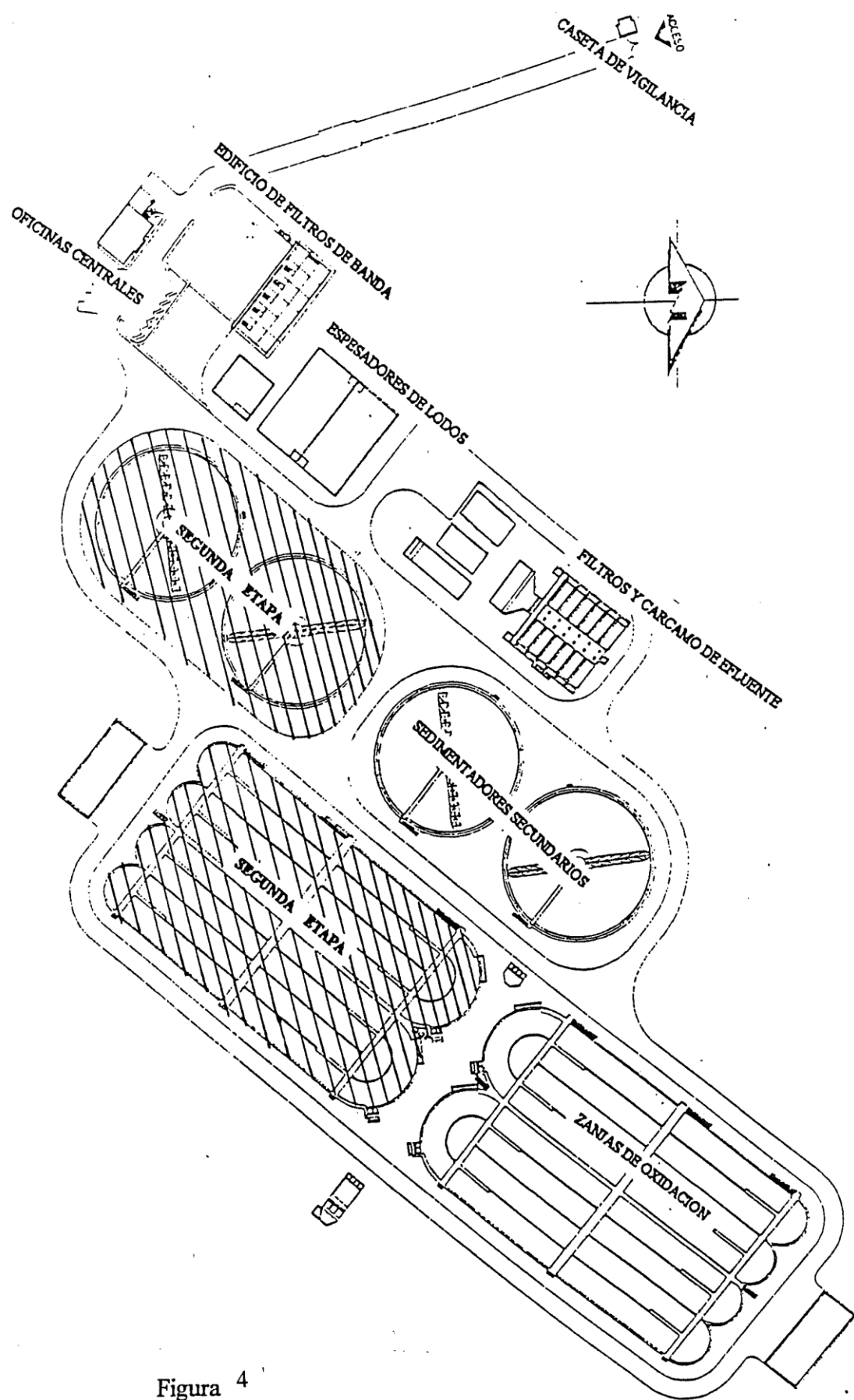


Figura 4  
PLANTA DE TRATAMIENTO "EL NARANJO"  
Fuente : SAHOPE, 1998.

## 5.8 PRINCIPALES PARTICIPANTES DEL MANEJO COSTERO

Sorensen *et. al.* (1992) expresa que si los esfuerzos de manejo costero integrado han de asignar recursos limitados entre intereses en competencia, entonces los administradores costeros deben identificar y trabajar con representantes de grupos clave de interés, es decir, el conjunto de actores que pueden tener interés en la resolución de muchos conflictos costeros. Los interesados en temas costeros pueden ser activos a nivel local, regional, nacional o transnacional. Pueden estar bien organizados o pobremente organizados. Entre los organizados están las agencias del gobierno, organizaciones paraestatales y organizaciones de la industria privada, científicas y conservacionistas. Los grupos de actores menos organizados pueden incluir terratenientes, grupos étnicos y clases sociales, por supuesto, estos últimos grupos pueden estar bien organizados en el contexto de partidos políticos u otras organizaciones formales.

### 1.- Participantes Bien Organizados :

- a)** Funcionarios Públicos
- b)** Partidos Políticos
- c)** Agencias Nacionales o Sub-nacionales con Responsabilidades Sectoriales
- d)** Empresas Estatales y Corporaciones Paraestatales
- e)** Corporaciones Multinacionales
- f)** Instituciones de Asistencia
- g)** Comunidad Científica
- h)** Organizaciones Conservacionistas

### 2.- Participantes Menos Organizados :

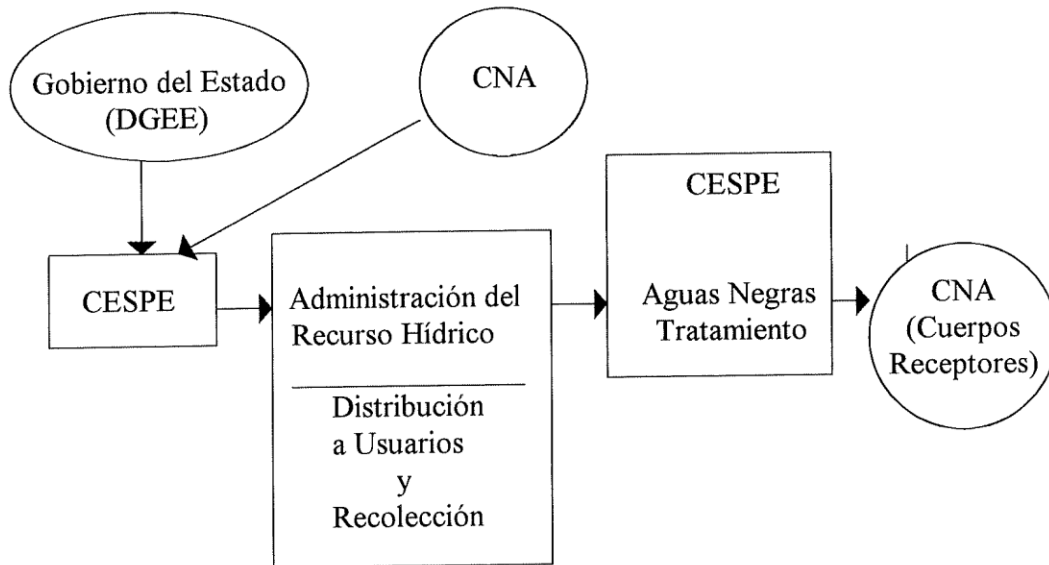
- a)** Usuarios de Recursos : Artesanales y de Subsistencia
- b)** Propietarios de Tierras Costeras
- c)** Grupos Etnicos
- d)** Clases Sociales

FUENTE : Actores Potenciales en manejo de Recursos Costeros de Naciones en Desarrollo  
Sorensen, et. al. 1992

**TABLA 10**  
**Principales Involucrados en el Reuso de Agua en Ensenada**

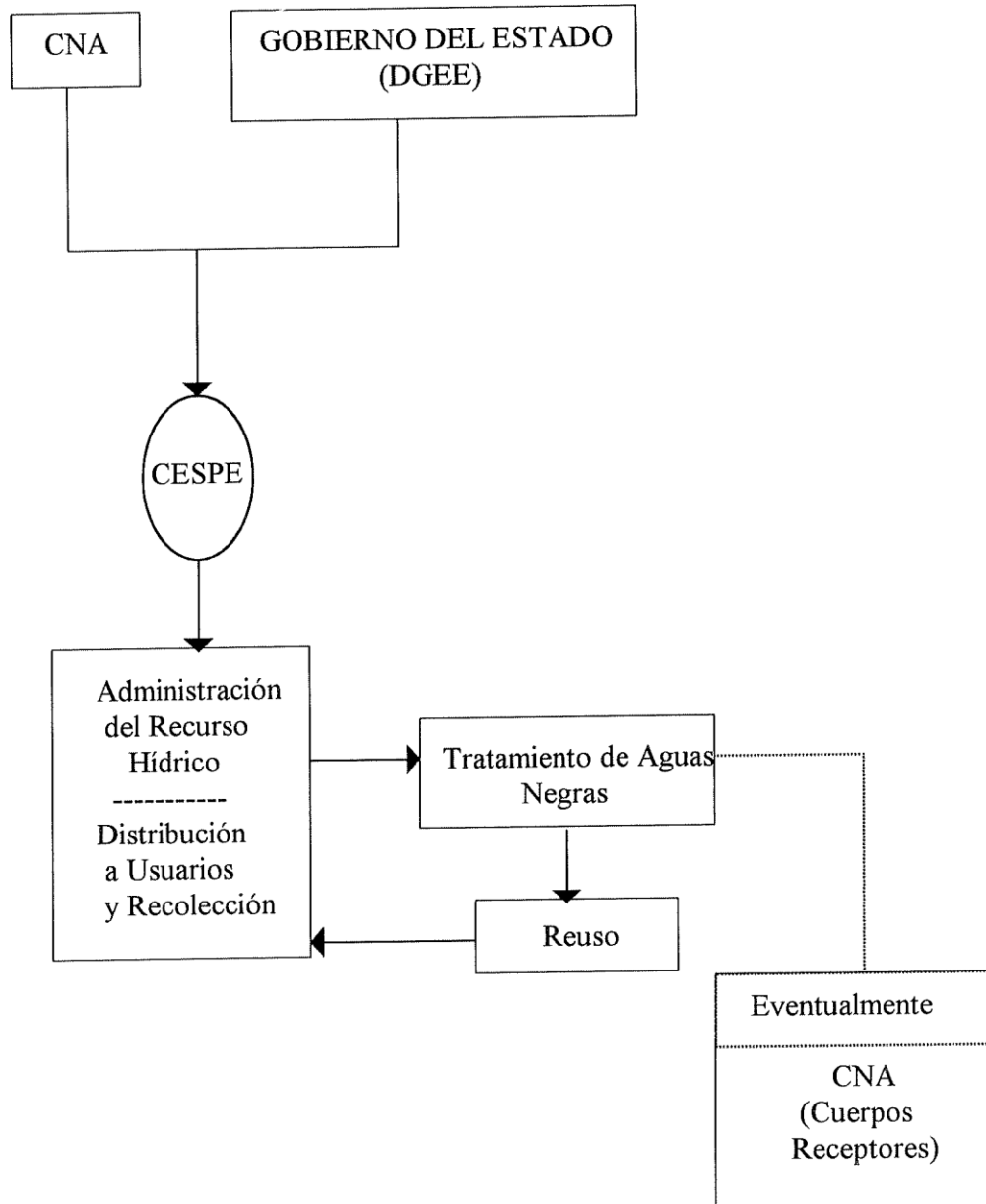
ACTIVOS A NIVEL:	MUNICIPIO	ESTATAL	NACIONAL	INTERNACIONAL
<b>BIEN ORGANIZADOS</b>				
Funcionarios Públicos	CESPE	COSAE, SAHOPE DGEE	CNA ZONA FEDERAL	
Partidos Políticos	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO
Agencias de Gobierno	CESPE, DES.URB.	COSAE, SAHOPE, DGEE	SEMARNAP CNA, ZONA FEDERAL	
Industrias privadas	ASOC. INDUSTRIALES AGRICULTORES	ASOC. HOTELEROS		
Instituciones de Asistencia y Prest.			BANCO AMERICANO DE DESARROLLO	COCEF SANDAG
Comunidad Científica	UABC, CICESE	UABC, TECNOL. CICESE, COLEF	IMTA	UTAH UNI
Organizaciones Conservacionistas	PROESTEROS PRONATURA	PRONATURA	PRONATURA	GREENPEACE
<b>ACTORES MENOS ORGANIZADOS</b>				
Propietarios	PESCADORES AGRICULTORES	EJIDATARIOS		
Usuarios	HABITANTES	TURISTAS	TURISTAS	TURISTAS

Con el empleo de este cuadro se pueden detectar traslapes entre diferentes categorías, ya sea de actividades o de organización, por ejemplo, tomando a los funcionarios públicos :



Que se puede acomodar de una forma más eficiente teniendo en cuenta la categoría (diagrama final) :

Este ejemplo utiliza el cuadro previamente elaborado para organizar diagramas más claros en realidad el cuadro es una herramienta muy versátil pues además de que se puede utilizar para diferentes objetivos, permite combinar tantos niveles como se necesiten :



## 5.9 SISTEMA ACTUAL DE SUMINISTRO

El sistema de suministro actual de agua para el centro de población Ensenada es del tipo combinado, es decir, de fuentes subterráneas y superficiales. Las fuentes subterráneas actuales están constituidas por los acuíferos del Valle de Guadalupe, Valle de Maneadero, zona urbana de Ensenada, y la Misión (CNA, 1996). El total de pozos profundos que se obtienen entre las cuatro fuentes subterráneas son 28, distribuidos 10 en el Valle de Guadalupe, 5 en el valle de Maneadero, 10 en la zona urbana y 3 en la Misión. El valle de Maneadero tiene sus 5 pozos ubicados en la zona federal del derecho de vía de la carretera peninsular, a 16 km. al sur de la ciudad de Ensenada, aporta un gasto promedio por pozo de 423.3 lps. El Valle de Guadalupe con sus 10 pozos ubicados en línea dentro de la zona federal del Arroyo Guadalupe, se localiza a 32 km. al noroeste de la ciudad; sus aguas son enviadas a la ciudad mediante el Acueducto Morelos, la producción media actual por pozo es de 21.1 lps. Con relación a los 10 pozos de la ciudad de Ensenada se tiene un gasto promedio, estimado por pozo, de 16.1 lps. Los 3 pozos de la Misión proporcionan un gasto promedio de 50 lps. Las aguas de la presa Emilio López Zamora refuerzan el sistema de suministro, actualmente se pueden extraer 110 lps. En la presa se cuenta con una planta potabilizadora con capacidad para tratar 150 lps. A pesar del potencial de las fuentes arriba mencionadas se consideran a futuro nuevas fuentes como es el caso de extraer 350 lps del acueducto Río Colorado - Tijuana a través del acueducto Rosarito-La Misión. (CNA, 1996).

El sistema de agua potable de la ciudad de Ensenada está formado por las líneas de alimentación desde el Valle de Guadalupe, Valle de Maneadero, Acueducto Misión, tanques principales de almacenamiento y regulación o receptores, los cuales distribuyen hacia los de menor capacidad, circuitos alimentadores de distribución y estaciones de bombeo que realzan la presión con la cual llega el líquido de las fuentes. Se cuenta igualmente con el vaso de ella Presa Emilio López Zamora. (CNA, 1996).

La cobertura de servicio de agua potable se estima en un 91% (CNA,1996).

#### 5.10 MANEADERO

Los valles costeros son muy susceptibles a la influencia de agentes tanto del medio marino como del terrestre, aunado al riesgo de la contaminación por agroquímicos presentes en cualquier tierra de cultivo, se presenta el de la contaminación de los acuíferos por intrusión salina, definida como la presencia de agua con gran cantidad de sales en pozos situados cerca de la costa, es casi siempre debida a la actividad humana ; el bombeo hace descender el nivel de agua en el acuífero, hasta el punto de que el potencial del agua de este (altura piezométrica) es inferior al del agua de mar adyacente. El resultado es que la zona de transición se extiende, moviéndose además tierra adentro, con lo cual, en los pozos próximos a la costa, el agua bombeada cada vez es de peor calidad, debido a la gran cantidad de sales disueltas provenientes del agua marina (Instituto Geológico y Minero de España, citado por Contreras Gil, 1992).

Toda la región agrícola del Valle de Maneadero, pertenece, por el acuerdo dispuesto por el Ejecutivo Federal el 13 de Julio de 1987 y que crea los distritos rurales de riego, al correspondiente Distrito de Desarrollo Rural 001, junto con los valles de Las Palmas, Guadalupe, Ojos Negros, La Trinidad, San Vicente y San Quintín, principalmente. El suelo en el valle de Maneadero es del tipo regosol, es decir, suelos delgados sobre material no consolidado, de formación reciente y con una evolución lenta. El valle de Maneadero sostiene principalmente la economía del sur del centro de población Ensenada, mediante el cultivo de diferentes especies vegetales (brócoli, cebolla, cebollín, calabaza, cilantro, chile, lechuga, papa, pepino, rábano, repollo y sandia, principalmente) que abastecen el consumo local y de exportación.

La situación actual en el abastecimiento de agua para la ciudad de Ensenada es estable, por el suministro debido al acueducto La Misión-Ensenada, de reciente

instauración (1995) y que garantiza su disponibilidad al menos hasta el año 2000; la situación para colonias aledañas a la ciudad y zonas rurales es muy diferente, ya que en estos lugares los habitantes están relativamente acostumbrados a padecer desabasto del líquido y a implementar actividades diversas para obtenerlo, que van desde la compra a pipas hasta la perforación de pozos. esta situación es especialmente evidente al sur de la ciudad, que por condiciones geográficas sostiene todo el desarrollo demográfico de la región, que se extiende hasta Maneadero ; para esta zona, CESPE ha anunciado una inversión no mayor de 35 millones de pesos para la instalación de una planta de tratamiento, redes de agua potable y un sistema de alcantarillado; esto provocó una situación curiosa, pues de los mantos fríaticos de Maneadero se ha extraído tradicionalmente agua para la irrigación de los cultivos de la región), también para complementar el abasto a la ciudad (cerca de una quinta parte de su demanda de agua) y eventualmente, para la creación de pozos de suministro familiar. Ahora que el acuífero se encuentra sobreexplotado (las extracciones de agua son de 40 millones de metros cúbicos anuales) y afectados por la intrusión de agua de mar (registra una salinidad del 40%), se pretenden tomar acciones para el mejoramiento urbano de Maneadero, pero no así para el mejoramiento de los acuíferos, pues al reconocerse como agotados, la primera iniciativa es buscar nuevas fuentes de abastecimiento, como se proyecta hacia las regiones de Ojos Negros y la parte alta de la Presa Emilio López Zamora (El Mexicano, 1998).

#### 5.11 EL ESTERO DE PUNTA BANDA

Muchos autores han puesto ya de manifiesto la importancia estratégica del estero de Punta Banda, (Secretaría de Marina, 1974, Ibarra-Obando y Escofet, 1987, Wauman Rojas, 1998, etc.,) han caracterizado los parámetros que posee, su biota, su variación, su estructura, su distribución, modificación, etc., por lo que se puede considerar que, sin llegar a ser todos los necesarios, se cuentan con un buen número de estudios que permiten dar una idea de la historia de la zona. Escofet (87) hace una muy precisa puntualización de la importancia del Estero: una

de las cuatro únicas lagunas costeras en la costa pacífica de Baja California ; una barra arenosa con un hábitat que para el año de 1988 ya había sido cubierto en un 70% por el desarrollo turístico, urbano e industrial ; una zona de reserva declarada como tal (aunque falta “oficializar”, pasando por el congreso) en una medida extrema y tardía, pero afortunada, pues logra conservar la mayor parte de la vegetación nativa, de estratos rastreros, herbáceos y arbustivos, marismas y planicies lodosas, presentando representatividad ecológica, conservando atributos funcionales básicos, como la alta diversidad de especies de aves que anidan, acuden a buscar refugio en sus periodos migratorios, se alimentan o se encuentran en la zona (106 en total)(Pronatura, 1997).

En México hay 165 áreas naturales protegidas (Diario Oficial de la Federación, en Pronatura,1994) que comprenden reservas de la biósfera, reserva forestales, parques nacionales, monumentos nacionales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección para la flora y la fauna, zonas sujetas a conservación ecológica etc.,. de las cuales a Baja California le corresponden 9 con un 5% del total ; El Estero de Punta Banda está sugerido como área de protección de recursos naturales (Grupo Pro-Esteros, comunicación personal), al menos en la fracción restante que se preservó del desarrollo urbano, y en tanto más rápido se oficialice su situación como área natural protegida, será mas exitoso llevar un manejo adecuado de su frágil estructura, pues en la actualidad aunque se tiene un monitoreo constante y un patrullaje haciendo recomendaciones a los visitantes, no es posible restringir el paso a personas, vehículos y animales, así como a determinadas actividades hacia las zonas clave de anidación de aves y de endemismo biótico (Grupo Pro-Esteros, comunicación personal)..

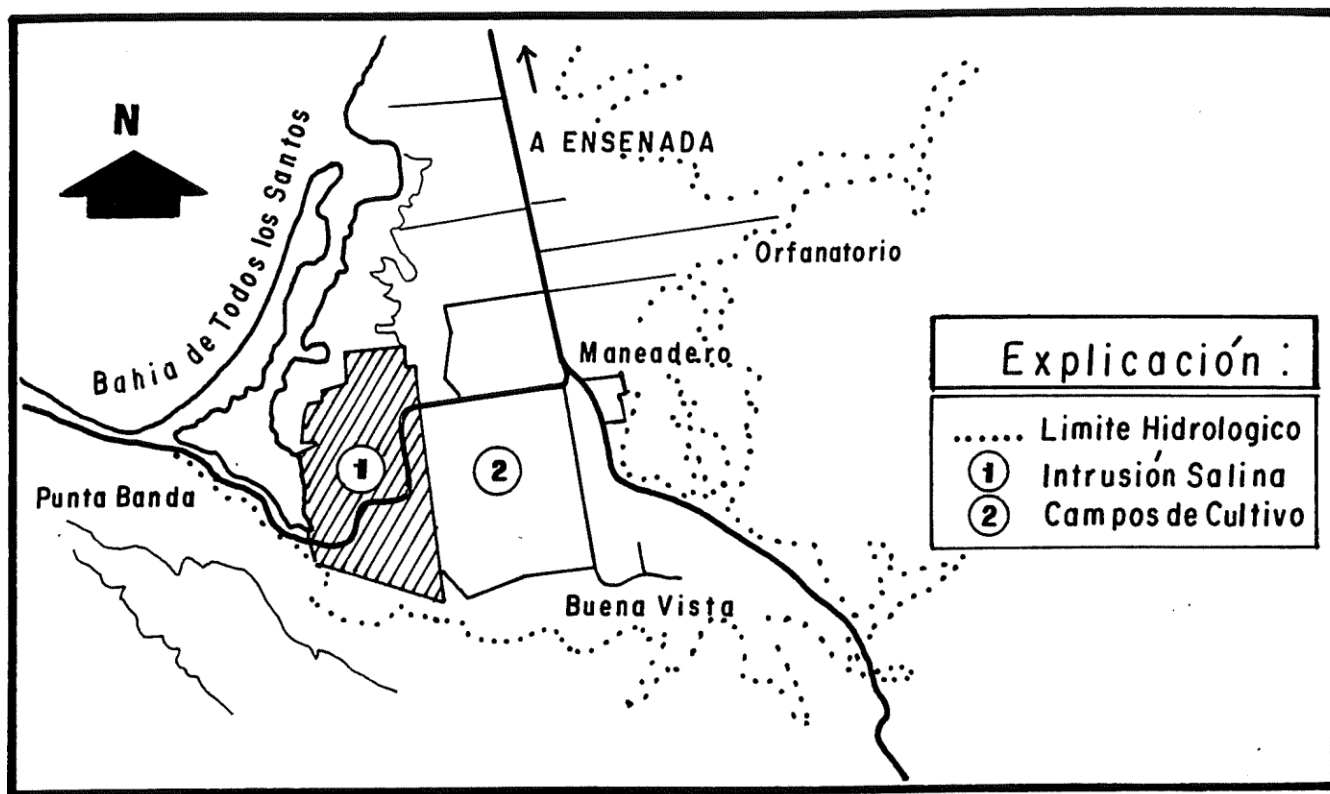


FIG - 5. REGION DEL VALLE DE MANEADERO QUE MUESTRA LA SITUACION DELICADA CREADA POR LA CRECIENTE SALINIDAD EN LA ZONA .

### 5.12 PLAN DE MANEJO DE AGUAS TRATADAS

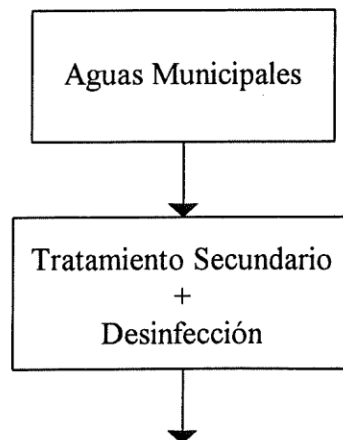
En esta plan, se proponen una serie de actividades tendientes a cubrir los huecos informativos que se han detectado, de manera que se agilice el manejo del agua recuperada y la eficiencia de los sistemas de reuso.

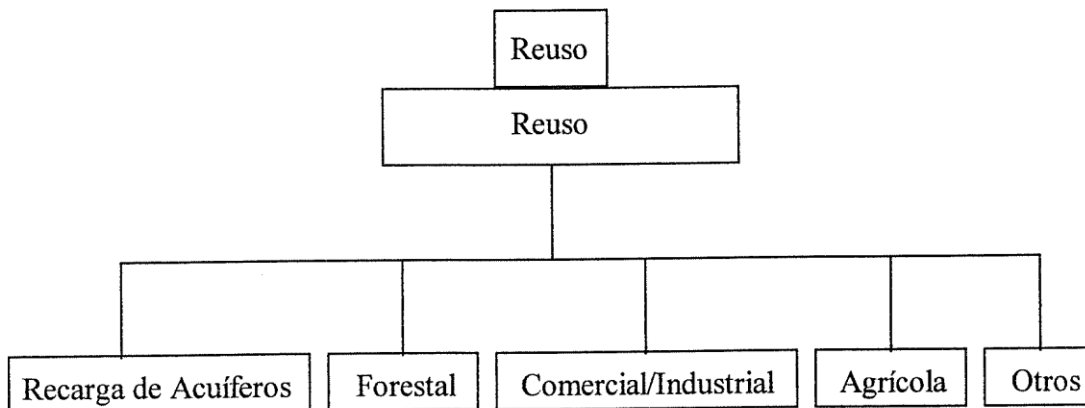
El suministro de “aguas nuevas”, es decir, aquellas que están siendo extraídas de algún pozo se divide en tres principales categorías :

H <sub>2</sub> O Agua Nueva	H <sub>2</sub> O Agua Nueva	H <sub>2</sub> O Agua nueva
Uso Doméstico	Uso Industrial	Uso Agrícola

Podemos decir que el agua que será canalizada hacia la planta de tratamiento “El Naranja” es básicamente doméstica, pues aquella de uso industrial, de algunas industrias recibirá un pretratamiento en una planta financiada por los mismos industriales para hacer sus parámetros similares a aquellos de las aguas domésticas, y en otros casos las industrias tiene la obligación de poseer sus propias plantas que traten las aguas de sus procesos antes de verterlas al cuerpo receptor o al drenaje. Las aguas de uso agrícola por la característica de la actividad no se consideran recuperables directamente.

Entonces, este plan trabaja con la categoría de las aguas domésticas y eventualmente las industriales tratadas previamente e incorporadas al drenaje, bajo el término “aguas municipales” las cuales entrarán al sistema de tratamiento, seguido del manejo para reuso, dividido en 5 categorías (algunas consideraciones acerca del tratamiento, como la desinfección y el manejo de lodos se discute en las notas finales del plan).





Para cada categoría existen una serie de regiones, actividades y consideraciones que se proponen necesarias :

Dentro de las actividades de todas las categorías se requiere elaborar un padrón de volúmenes potenciales de consumo.

#### Recarga de Acuíferos

Región	Actividades	Consideraciones
Acuífero del Valle de Maneadero	Estudio de condiciones hidrogeológicas para determinar el tipo y tasa de recarga. Regulación de las extracciones actuales por pozo. Talleres entre ejidatarios, agricultores y autoridades para escoger zonas y programas de recargas por rotación. Transporte por gravedad.	Posee el acuífero más afectado por la sobreexplotación de pozos y la intrusión salina. Es el acuífero más cercano a las instalaciones de la PT "El Naranjo".
Acuífero del Valle de Guadalupe	Estudio de situación actual de los pozos.	Acuífero alejado de la PT "El Naranjo".(32 km.).
Pozos en la Ciudad de Ensenada	Estudio de situación actual de los pozos.	Distribuidos por toda la ciudad.

## Uso Forestal

Región	Actividades	Consideraciones
Ciudad Deportiva	Creación de comité de rehabilitación . Vinculación con grupos civiles (ej. boy scouts) para reforestar. Transporte por pipas.	Beneficio inmediato hacia las colonias circundantes. Instalaciones existentes. Cercanía con la PT "El Naranja".
Terrenos Frente a la Planta "El Naranja"	Estudio viabilidad de suelos-vegetación a implantar. Mantenimiento por el mismo operador de la PT. Transporte por gravedad.	Cercanía con la PT "El Naranja". Ubicación accesible. Magnífica calidad visual del lugar.
Cañón de Doña Petra	Estudio de viabilidad de suelos-vegetación a implantar. Transporte sujeto a evaluación.	Lugar conocido y concurrido eventualmente por la población.
Creación de Ecoparque Dentro de Cualquier Punto del Area	Estudio de viabilidad de suelo-vegetación implantada. Formación de comité multi - institucional. Transporte por pipas.	Atenuación inmediata del déficit de áreas verdes en ciudad (90%).

## Comercial / Industrial

Región	Actividad	Consideraciones
Corredor Industrial "Pedro Loyola"	Utilización en procesos de refrigeración. Especificaciones del agua. Incentivos (fiscales, sociales, etc.,). Aprovechamiento de las instalaciones de la PT "El Gallo" para distribución.	Grupo de industrias más cercano a la PT "EL Naranja".
Región de Industrias Maquiladoras Establecidas a lo Largo de la Carretera Transpeninsular.	Utilización en procesos de lavado. Especificaciones del agua. Incentivos (fiscales, sociales, etc.,).	La mayor parte de las maquiladoras son transnacionales que en muchos casos incluyen en sus planes de trabajo cooperar con las acciones en pro del ambiente de los países donde se ubican.
Hoteles	Riego de todas sus áreas verdes. Incentivos (fiscales, sociales, etc.,).	Utilización inmediata del agua tratada.
Fondeport (El Sauzal)	Preferentemente utilización de las aguas de la PT "El Sauzal". Especificaciones del agua. Incentivos (fiscales, sociales, etc.,).	Diversificación de las industrias establecidas en la región. Aprovechamiento de una agua de muy buena calidad que actualmente se vierte al mar.
Comercios	Actualización del padrón de CESPE. Adaptación de sanitarios. Creación de depósitos. Incentivos (fiscales, sociales, etc.,).	Ahorro inmediato de un gran volumen de "agua limpia".

## Agrícola

Región	Actividades	Consideraciones
Valle de Maneadero	Cumplimiento del convenio del año 1974. Producción de forrajes. Producción de vegetales no hortícolas. Rehabilitación de construcciones existentes.	Antecedentes de conflictos entre los suministradores y consumidores de agua recuperada Región agrícola más cercano a la PT "EL Naranjo"..
Valle de Ojos Negros	Distribución para producción de forrajes.	Dificultad de transporte desde la PT "EL Naranjo".
Valle de Guadalupe	Eventual suministro para cultivos frutales.	Segundo valle agrícola más cercano a la PT "El Naranjo".

## Otras

Uso	Actividad	Consideraciones
Almacenamiento de Agua	Creación de Embalses y lagunas de almacenamiento. Prevención de contaminación de acuíferos.	Genera autosuficiencia en recursos hídricos para la región. Permite atenuar las necesidades del crecimiento demográfico.
Riego de Areas Públicas.	Riego de banquetas ,camellones y panteones.	Mejora y mantenimiento de la calidad visual de la ciudad.

## NOTAS :

Lodos.- La utilización de organismos vivos para el proceso aeróbico de tratamiento de aguas residuales, genera como subproductos "lodos", que consisten principalmente en materia orgánica -poblada de bacterias y otras formas de vida biológica- procedentes de las aguas negras que forman flóculos que tienen la capacidad de absorber la materia orgánica coloidal. Estos lodos recirculan constantemente, la excesiva acumulación de lodos se retira continuamente del proceso y se acondicionan para su disposición final. Se puede disponer de tres formas del exceso de lodos :

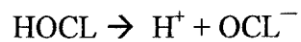
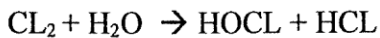
- Enterrarlos
- Utilizarlos para rellenos.
- Aplicarlos como fertilizante.

En el proyecto de la PTARM "El Naranja" se contempla deshidratar y comprimir los lodos extraídos, para después enterrarlos en un relleno sanitario que se encuentra dentro del terreno de la planta. Este plan de manejo propone llevar a cabo un estudio de su contenido, para determinar su potencial como fertilizantes o acondicionadores de suelos, ya que contienen muchos elementos esenciales para la vida vegetal, como nitrógeno, fósforo, potasio y nutrimentos menores que son indispensables para el crecimiento de las plantas ; además de proporcionar alimento a los vegetales, beneficia el suelo aumentando su capacidad de retención de agua y mejorando su calidad para el cultivo. También disminuyen la erosión del suelo (Filatoff & Szoke, 1997).

Desinfección.- La desinfección se lleva a cabo como una etapa final del tratamiento de aguas residuales. El método más comunmente aplicado es la adición de cloro o cloración, (también existen la desinfección por bromo y ozono) ya que proporciona un buen tratamiento a un costo accesible. La dosis de cloro que se adicione al agua es muy importante para la prevención de problemas sanitarios posteriores.

El Amoniac (NH<sub>3</sub>) es el contaminante nitrogenado que se encuentra más frecuentemente en el tratamiento de aguas, y en un sistema eficiente es absorbido de las aguas negras por los lodos activados (Filatoff & Szoke,1997). El amoniac en solución acuosos es tóxico para la fauna acuática a concentraciones de unas cuantas partes por millón por lo que el contenido de amoniac está sometido a una estricta regulación , con concentraciones por lo general muy por debajo de los 10 g/m<sup>3</sup> (como nitrógeno) y a menudo tan bajas como 3 o 4 g/m<sup>3</sup>. (Winkler,1986).

El amoníaco reduce la efectividad de la cloración, la actividad desinfectante de la cloración resulta del ácido hipocloroso no ionizado HClO, formado por la reacción del cloro con el agua, y en mucho menor grado de los iones hipoclorito  $OCl^-$ .



El ácido hipocloroso reacciona con el amoníaco para formar cloraminas, que son mucho menos efectivas como desinfectantes. La remoción no biológica del nitrógeno se lleva a cabo mediante cloración hasta el “punto de ruptura”, debido a que según aumenta la adición del cloro, las cloraminas formadas a una baja concentración de cloro se descomponen y se llega hasta el punto de ruptura donde el amoníaco se oxida prácticamente en su totalidad, quedando cualquier cloro residual como “cloro libre”. El otro extremo es que el exceso de cloro puede producir compuestos organoclorados y aumento de sales disueltas si no se controla el pH.

## VI. DISCUSIONES

Los problemas relacionados con el recurso hídrico y el uso que de él se hace no son nuevos, existen experiencias en todo el mundo que proporcionan una amplia gama de técnicas, costos, aplicaciones, etc., y a pesar de todo esto, las aguas residuales plantearán el mayor problema con que se enfrentará la humanidad en los próximos años (Seoanez, 1998). Entre los países, especialmente aquellos que comparten regiones comunes, se están promoviendo la formación de bases de datos que dispongan de información acerca de los problemas relacionados con el agua, su obtención, abastecimiento, manejo, construcción de sistemas de tratamiento y planes de reuso o manejo ; en el caso de México y Estados Unidos, la problemática del manejo del agua en la región fronteriza es un tema que cada vez se incluye más frecuentemente en las agendas de los diversos foros y reuniones binacionales (SANDAG, COCEF, etc.).

Actualmente se está luchando contra el problema de la desertificación, definida como el proceso terminal de degradación del ecosistema (PACD,1994) originado por la sobreexplotación de recursos, que provoca una serie de presiones cuyo receptor último es el suelo, elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos, al ser este un recurso no renovable, su pérdida y degradación constituyen una de las mayores preocupaciones de cualquier país. El suelo, como depositario de la degradación natural o antropogénica, pierde su capacidad de producción de biomasa, afectando la regulación del ciclo hidrológico, la permanencia de la biodiversidad, el amortiguamiento de variaciones climáticas severas, la fijación de la energía, etc., La desertificación se inicia con la destrucción de la cobertura vegetal, especialmente de las plantas perennes, con lo que se modifica la aportación de material orgánico al suelo y lo expone a procesos erosivos que empobrecen su contenido de nutrientes y su estructura ; el suelo, ya alterado, pierde su capacidad

de infiltración, lo cual aumenta los escurrimientos superficiales y merma la recarga de los acuíferos que tendrán que ser bombeados a mayor profundidad, lo que eleva las sales en disolución hacia la superficie, y en el caso de regiones costeras, la intrusión salina.

La desertificación es un proceso que a nivel mundial está registrando el mayor avance en toda la historia y en México, esta ocurriendo en grandes superficies y diferentes intensidades, la deforestación (destrucción de la cubierta vegetal) varía de 300 a 500 mil hectáreas por año, la sobreexplotación de los acuíferos en los principales distritos de riego ha provocado la salinización en superficies que varían de 500 mil a un millón de hectáreas, según diferentes estimaciones, la erosión hídrica y eólica en 158.8 millones de hectáreas ha originado pérdidas promedio de 2.754 toneladas por hectárea de suelo al año (ACD, 1994).

Este problema avanza por la falta de agua y por el mal uso que de ella se hace donde hay y donde escasea y mucho de esto se debe a la falta de visión de las aguas residuales como una fuente de energía disponible que se pierde ; el tratamiento de las aguas residuales mediante sistemas convencionales y no convencionales puede mejorar sin ulteriores consecuencias el estado de calidad de cuerpos de agua y de suelos (Seanoez, 1998).

La ciudad de Ensenada posee un déficit del 90% de áreas verdes, lo cual se refleja en una ausencia de lugares donde la población pueda asistir a recrearse, la formación de estas áreas verdes, tarde o temprano se presentará como una demanda política por parte de la sociedad, al beneficio social se suma lo ventajoso que resultaría poseer un pulmón que amortigüe en alguna medida el crecimiento poblacional que seguirá registrando la ciudad en los próximos años (3.05% anual).

Para el uso forestal de las aguas residuales, se suelen tomar el nitrógeno y el fósforo como base para posteriores procesos de eutroficación (Seanoez, 1998) y se deben de poner especial énfasis en la capacidad de eliminación de estos elementos en el vertido a zonas forestales, pues existen especificaciones que se tiene que considerar en cuanto a la viabilidad de los suelos, la vegetación implantada, aplicación de los máximos de caudal admisibles por el suelo, controlar la evolución del suelo, etc., sin embargo, al estar utilizando aguas residuales con un tratamiento secundario avanzado, como el caso del Naranjo, este tipo de problemas se simplifica pues los niveles de nitrógeno y fósforo, junto con muchos otros elementos, quedan reducidos a valores poco significativos, proporcionando una mayor facilidad en el manejo de este tipo de proyectos.

Un suelo forestal (es decir, un área donde se implante vegetación) desde el punto de vista hidrológico debe ser un área de buena infiltración, y prácticamente sin escorrentía superficial. Esto se basa en la presencia de una masa de vegetación en diversos estratos, en la acumulación de residuos vegetales, en la actividad de la fauna del suelo, en la acción de las raíces y en la incorporación de materia orgánica a los horizontes superiores (Seanoez, 1998. PACD, 1996).

Un suelo forestal disfruta de un equilibrio que optimiza una percolación adecuada debida a la acción de las raíces y a una porosidad. En este sentido, si el suelo es muy profundo, su eficiencia como depurador es muy alta (Seanoez, 1998).

Como factores negativos, se debe tener en cuenta que es muy frecuente la presencia de masa forestales en suelos de muy mala calidad en lo que se refiere a porosidad, infiltración y percolación deficientes, horizontes casi inexistentes, proximidad al exterior de la roca madre y textura y estructura desfavorables.

Precisamente la tendencia al mantenimiento de regiones boscosas esta orientada a zonas de montaña y áreas marginales, potenciándose mucho la reforestación en áreas con problemas de erosión, en zonas de muy escasa pluviometría o, en fin, en lugares donde la vegetación no se encuentra (Seaonez,1998).

Para la aplicación de aguas residuales o recuperadas sobre suelos forestales hay factores y condiciones esenciales para tomarse en cuenta (Diversos autores,1998) :

- Se deben usar suelos viables.
- La vegetación se implanta para recibir aguas residuales o aguas recuperadas urbanas.
- Se tienden a aplicar los máximos de caudal admisibles por el suelo.
- Se controla la evolución del suelo..

La cercanía con el estado de norteamericano de California, ofrece la oportunidad de revisar experiencias exitosas en la generación de áreas verdes para diseñar un proyecto específico para la ciudad, en el apéndice 8 se presentan una serie de criterios que el Estado de California utiliza para la aplicación de agua residual recuperada en usos recreativos y de riego.

La falta de planeación integral, la presión social y urbana de los habitantes, la actividad fraccionada entre las dependencias paraestatales y federales, la necesidad de dar prioridad a la solución de problemas ya existentes y la falta de cultura, en todos los niveles, que concientice acerca de la disponibilidad y uso de los recursos naturales han hecho que actividades que deben ser complementarias en los planes de trabajo, como son el reuso, el aprovechamiento de subproductos, la disposición

de residuos, la regeneración de las regiones explotadas, etc., se vuelvan acciones que permanecen “contempladas”, es decir, se sabe que la necesidad de su implementación es un hecho, pero por una lado no son “el” problema principal y aún no se tiene la visión de que son medidas preventivas que estarían solucionando problemas por adelantado.

Se sabe que la utilización excesiva de un mismo acuífero es peligrosa, especialmente en las zonas costeras donde además del riesgo del agotamiento se suma el del avance de la cuña salina, que deteriora la calidad de los suelos (Escalera Burillón, 1992), así el acuífero del Valle de Maneadero se reconoce como sobreexplotado, pues ya se tienen problemas en la actividad agrícola con el aprovisionamiento de agua, que cada vez se obtiene con un mayor costo y esfuerzo y en menor cantidad y calidad, por el deterioro del suelo, que afecta la calidad de los cultivos, y en el peor de los casos los inhabilita; y aunque por un lado existen propuestas que insisten en la modificación de los sistemas de riego, tipos de cultivo y establecer un padrón de usuarios es importante considerar que el tratamiento que reciban las aguas residuales, una vez puesta en marcha la planta "El Naranja" además de eliminar de una vez por todas la mala calidad que poseen las aguas ya tratadas actualmente, se contempla la reutilización de las aguas tratadas "a corto plazo", y dentro de estas consideraciones, la más comentada, aunque no la única posible, se enfoca hacia la atención de alguno de los problemas de Maneadero; Escalera Burillón (1992) afirma que el principal problema al que se enfrenta el distrito de riego al cual pertenece al valle de Maneadero es la salinización de suelos y agua, hecho que se refleja en la disminución del rendimiento, además de que la principal fuente de contaminación son las mismas aguas de riego, y al carecer de agua para efectuar lavados de suelos el problema persiste, pues aunque se cambie el cultivo a especies tolerantes se terminará por abandonar el área de cultivo.

Una experiencia muy exitosa que representa el resultado de un trabajo entre diferentes sectores por un objetivo común se dio en Orange County, en el vecino Estado de California, U.S.A.. La problemática era la siguiente : se estaba teniendo un serio problema en los valles costeros del distrito por la intrusión salina provocada por la sobreexplotación de los acuíferos, se tenía que recurrir a la importación de agua de otras regiones para satisfacer la demanda existente, se necesitaban buscar fuentes de abasto para satisfacer el crecimiento de esta misma demanda, se estaban limitando las actividades económicas, agrícolas, principalmente del distrito por la disponibilidad de agua, y la necesidad de la contaminación de las aguas que consumían diferentes ciudades y consumidores del condado. Esta problemática la creación de un “distrito de riego” (water district) dentro del condado, que se encargara de la satisfacción de estos planteamientos. La estrategia de este órgano fue trabajar en cooperación con otras agencias de gobierno, productores y consumidores de agua, sociedades civiles y público, con el objetivo de encontrar todos juntos una manera de manejar el recurso. En la actualidad, gracias a estas gestiones se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales del condado que recupera mediante alta tecnología 15 millones de galones (55, 700,000,000 litros) por día (OCWD,1996)..

Una proporción de esta agua (un promedio de 2,052,320,000 galones por año) que varia dependiendo de la temporada de lluvias, se inyecta mediante bombas a diferentes capas de los acuíferos de los valles costero, deteniendo y revirtiendo la invasión salina que se presentaba, se tienen acuerdos con diferentes industrias del condado para suministrarles agua recuperada y constantemente se buscan mas consumidores en esta actividad. Los agricultores consumen una proporción agua extraída de los acuíferos que han sido inyectados, se han creado y mantenido lagos y embalses para proteger el medio ambiente y como almacenamientos de agua.

Además se mantiene un estricto monitoreo de la calidad de los efluentes y del agua inyectada, una constante investigación para el mejoramiento de técnicas de tratamiento y de manejo y una continua búsqueda de mercados para el agua reclamada, gran parte de los recursos con que se mantiene estas actividades son aportados por los usuarios en todo el condado, complementándose con presupuestos estatales y federales (Orange County Water District, 1990). El éxito de este ejemplo, radica, según expresa la junta directora del Orange County Water District en el hecho de trabajar juntos todos los interesados de diferentes actividades en un fin común, proveer a todos una agua de calidad, con un tratamiento adecuado y a un costo razonable (OCWD, 1996).

En el apéndice 9 se muestran los criterios de calidad del agua para ser reinyectada a acuíferos en el Estado de California.

En lo referente al suministro del agua recuperada por la planta para el riego de los cultivos, lo que proporcionaría una fuente de abastecimiento de agua sin problemas de exceso de sales, ya que no estaría siendo extraída de ningún pozo, se debe hacer una consulta con los interesados (ejidatarios) que ya han manifestado su disposición para recibir las aguas, aunque en este aspecto los mayores problemas no son técnicos, sino políticos; una experiencia registrada fue el convenio celebrado en 1974 entre los gobiernos federal y estatal y usuarios de los ejidos Chapultepec y Sánchez Taboada, según el cual se utilizaría agua subterránea del acuífero de Maneadero para apoyar el suministro de agua potable a la ciudad de Ensenada, y a cambio se les suministraría agua previamente tratada, para el riego de sus cultivos, proveniente de la planta tratadora El Gallo, sin embargo, los ejidatarios se quejaron en diversas ocasiones de la mala calidad de las aguas que recibían, hecho que se agravó al sobrepasarse la capacidad de la planta y disminuir la eficiencia del tratamiento que las aguas recibían, el aporte se suspendió y sólo se han mandado pequeños volúmenes, que los usuarios de los ejidos continúan rechazando por su mala calidad.

Por otro lado, CNA (1998) anunció la racionalización en el uso y aprovechamiento del agua en todo el municipio precisamente para evitar que se incremente el nivel de contaminación por agua salada en los pozos de agua dulce de los valles costeros.

Las necesidades mundiales de agua para uso industrial se estiman que alcanzará 1,250,000,000 de metros cúbicos por día para el año 2000 (Metcalf, 1996). Sin embargo, debido a las limitaciones establecidas para el control de contaminación de los vertidos, es de esperar que las tecnologías de gestión del agua en las propias industrias experimenten cambios, lo cual hace prever que el reciclaje de agua en las industrias aumente (USA Water Council, 1998). En Estados Unidos la experiencia más grande que se tiene en el reuso industrial de aguas recuperadas es en los procesos de refrigeración y calderas, para la producción de energía.

En México no se encontraron datos de reuso de agua en la industria, sin embargo, en Ensenada, la CESPE reporta un padrón de usuarios de agua, dividido en pequeños, medianos y grandes consumidores, que reportan en total un consumo total de 86, 921 metros cúbicos por mes (33.53 lps). La misma CESPE ha establecido contactos con una empresa que se dedica al lavado de la mezclilla, la cual solicita un volumen diario de 1,000,000 galones (3, 780,000 litros) de agua tratada al día, lo cual representa un gasto de 44 lps, este volumen es mayor al que reporta del padrón de usuarios industriales.

Además se tiene contemplado utilizar las aguas generadas por la planta El Sauzal en los procesos de enfriamiento del Parque Industrial Fondepport (CNA,1996).

Para el “negocio del agua” cualquier tratamiento adicional del agua, que dependa de los requerimientos específicos de la industria consumidora, puede considerarse como un negocio extra, si es que se cuenta con la capacidad, o bien

correr por cuenta del usuario ; se pueden manejar dos zonas para el desarrollo industrial : algunas industrias que se encuentran en la parte suroeste de la ciudad, frente a la Bahía de Todos Santos, con zonas hoteleras y comerciales con alto potencial de desarrollo, y la zona industrial en proceso de desarrollo hacia la parte norte de la ciudad, en la zona del Sauzal.

Todo esta a nivel conceptual y no se cuenta con recursos, pero hay voluntad del gobierno estatal y federal para impedir que el agua se siga tirando al mar, sobre todo cuando hay un costo elevado en su manejo y tratamiento, y sin embargo, lo único concreto es que se erradicará el lanzamiento de aguas crudas a la bahía, más no, en primera instancia, el lanzamiento de aguas a la bahía, que tiene una capacidad de autodepuración limitada.

El Estero de Punta Banda permanece como una microregión que ha soportado diversas actividades a través de los años, como otras lagunas costeras, el estero se caracteriza por la variedad de especies que pasan algún estadio juvenil dentro, ya sea para alimentarse o para buscar protección. Es importante que si se va a realizar algún aporte de aguas tratadas al estero, por medio del arroyo San Carlos, se tenga en cuenta no sobrepasar la capacidad natural del cuerpo de agua (aquella que se registra en los periodos de escurrimientos por lluvias).pues se pueden provocar alteraciones al equilibrio de la abundante población de pastos marinos y al ecosistema, cuya riqueza orgánica viene en gran parte del exterior por medio del flujo mareal. Los pastos marinos actúan como atenuante de éste y permiten que el material en suspensión, tanto inorgánico como orgánico, se deposite en el fondo. Por ello hay una elevada concentración de material orgánico, principalmente en los sedimentos de los extremos internos (Contreras,1985).

El inicio de una nueva actividad siempre presenta la cuestión del grado de información que se requiere promover entre los involucrados para poder obtener su mejor participación, especialmente cuando se está promoviendo algo como el reuso o el reciclamiento se tiene que poner especial cuidado en la forma en la que se busque involucrar a la población, pues muchas veces de esta campaña de difusión depende el éxito o el fracaso de la actividad.

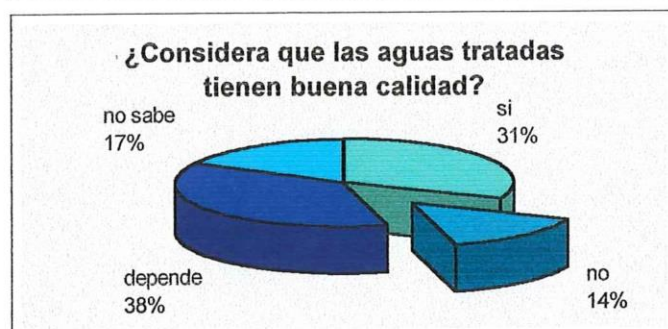
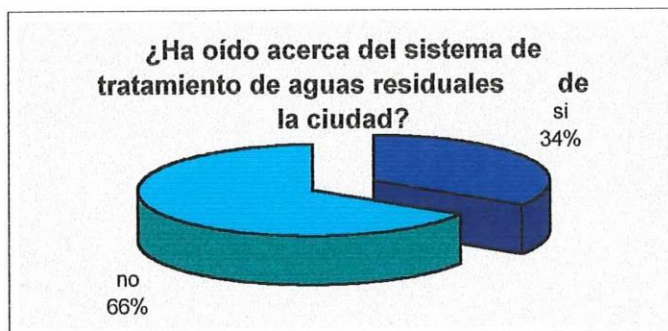
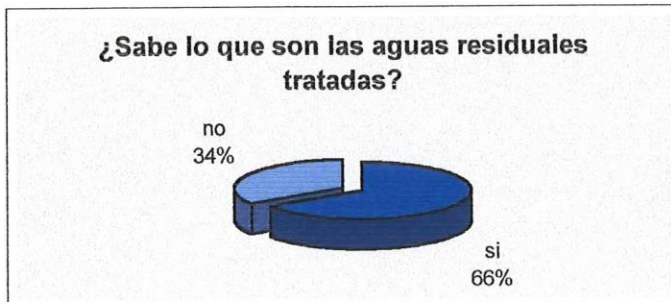
El potencial de las aguas residuales recuperadas es muy grande, pero para elegir una actividad de reuso, especialmente aquellas que están en contacto directo con la población, se debe evaluar el nivel de conocimientos de esta en cuanto a la práctica en cuestión.

En la ciudad de Ensenada, si bien la mayor parte de los encuestados (60%) (figura 4) demostraron saber lo que son las aguas residuales, este mismo porcentaje desconoce si en la ciudad se lleva a cabo algún tipo de tratamiento.

En cuanto a la cuestión del uso que se sugiere para el reuso del agua, se proponen diversas actividades que demuestran la disposición para llevarlas a cabo, el mayor problema al que se enfrentarán los realizadores de una actividad de reuso, será el convencer a la población acerca de la calidad de las aguas que se estén suministrando ; esto se refleja en la baja opinión de que las aguas tratadas son de calidad (31%), pues si bien la mayor proporción (38%) afirma que la calidad depende de un adecuado tratamiento (figura 4), un comentario común de los encuestados, fue el cuestionamiento que daban de la credibilidad de las actividades de la dependencia correspondiente (CESPE).

Durante el desarrollo de las encuestas y de los recorridos aplicando la metodología RAP, se encontró que una de las comentarios más recurrentes por parte de la población, es la necesidad de tener que desplazarse grandes distancias para poder encontrar áreas verdes donde recrearse (laguna Hanson, parque Morelos, etc.).

Figura 6  
Resultados de las Encuestas



Durante el recorrido que se efectuó a diversas casas de una colonia popular, se les preguntó a diversas personas acerca de la aceptación o rechazo de proporcionarles aguas tratadas, una vez informados de los problemas de salud que tienen por la mala calidad del agua que compran a pipas, pues no cuentan con pavimento, agua entubada ni drenaje, junto con las personas que fueron encuestadas en los diferentes puntos, todas por completo manifestaron su total rechazo a recibir estas aguas, ni para sus excusados, ni para riego de sus jardines o terrenos, nadie dio una razón específica y el único comentario que se repitió fue la desconfianza que les generan este tipo de aguas.

Esta desconfianza se debe en gran parte a la mala impresión que provoca la planta de tratamiento El Gallo a toda persona que pasa por sus alrededores y desconoce su situación de sobre carga.

En estos momentos, por algún u otro motivo, nadie quiere aceptar el agua recuperada, ni agricultores, ni industriales ni población, pero en el momento en que empiecen a presentarse problemas de abastecimiento de las diferentes fuentes que suministran agua a la región, se empezarán a manifestar actividades que tendrán que usar esta agua, por lo que es importante preparar a la sociedad en general para este tipo de situaciones.

Las campañas de publicidad de las dependencias encargadas del manejo y suministro del recurso hídrico (CESPE, CNA, SAHOPE) han sido tradicionalmente enfocadas a justificar las acciones emprendidas por las mismas, y a hacer del conocimiento público las obras emprendidas, hace falta entonces una campaña de difusión que informe a la población acerca del potencial del reciclamiento de agua y otros productos, y de la importancia del papel que ésta puede desempeñar para el éxito de actividades de reuso, estas campañas deben además, buscar la experiencia de foros y espacios que instituciones como

Universidades, Museos, etc., tienen en la vinculación con la población, de modo que sea posible difundir exitosamente aspectos básicos para la educación ambiental de la sociedad ; en este caso :

- ¿Qué es el agua recuperada ?
- ¿Porqué es importante el agua recuperada ?
- ¿Qué calidad tiene el agua recuperada ?
- ¿Cómo se trata el agua para recuperarla ?
- ¿Se puede beber agua recuperada ?
- ¿El agua recuperada puede alterar la salud ?
- ¿Qué usos se le puede dar al agua recuperada ?
- ¿Es legal utilizar agua recuperada ?
- ¿Porqué necesita mi ciudad usar agua recuperada ?

Como se ha mencionado antes, el principal problema para la implementación adecuada de planes de desarrollo no es la falta de interés por parte de los involucrados, sino la actividad fragmentada en la parte que le corresponde a cada uno.

En las áreas costeras se acumulan una mayor cantidad de recursos naturales y económicos, pero en estas mismas áreas especialmente, estos recursos no son utilizados o son utilizados por debajo del potencial real. Las políticas ambientales que se promueven actualmente tienen que considerar factores bióticos, abióticos y socioeconómicos. Es evidente la carencia de una normatividad legal completa en México, y en el caso de la contaminación de las aguas por fuentes difusas, generalmente se toman experiencias de los países industrializados. Por las prioridades económicas del país, la solución de los problemas complejos en cuanto a medioambiente deben de ser forzosamente aquellos que contengan las soluciones

de más bajo costo, esto se logra en buena medida si la legislación es flexible y permite corregir la contaminación más con prácticas iniciales que con instalaciones finales.

Si bien la adopción de prácticas extranjeras puede en ocasiones agravar el problema, al estar implantando un modelo en un medio diferente, el revisar estas mismas prácticas puede proporcionar una herramienta ventajosa que se puede combinar con las acciones que se encuentran propuestas en la zona y que vayan de acuerdo al objetivo del trabajo.

Cada vez se promueve el desarrollo de la planificación ambiental en más regiones de México, mejorándose dentro de un proceso iterativo ; por un lado la planificación urbana y regional centran su atención sobre las comunidades, el uso de suelo, la economía regional y la infraestructura, a través de un proceso donde se establecen metas, planes y normas, por otro lado, la planificación ambiental al centrarse sobre el medio ambiente de la gente y sus comunidades y en los efectos de otras actividades en el desarrollo, se basa más fuertemente en los análisis descriptivos del medio y en métodos científicos (Slocombe, 1993).

Estos dos enfoques se resumen en el conflicto con el que los planificadores se han enfrentado durante muchos años : conceder mayor importancia a los aspectos procedimentales o bien dar mayor importancia a cuestiones relacionadas con la naturaleza de los sistemas objeto de planificación y a la información necesaria para llevar a cabo esta (Gómez-Morín, 1992).

Esta situación se pretende solucionar con la planificación ambiental, definida por Gómez-Morín (1992) como una actividad intelectual por medio de la cual se evalúan, con un enfoque sistémico, los atributos estructurales y funcionales de los ecosistemas costeros, incluyendo los atributos sociales, económicos y políticos, para establecer las formas de uso, su intensidad y amplitud, de modo que se oriente hacia un modelo de desarrollo sustentable.

La planificación ambiental bien aplicada permite crear fuentes de información que incluyas figuras oficiales, como la “Cuenca Hidrológica”, que se encuentra a disposición de la misma planeación como parte de los planes de desarrollo. La ley de Aguas Nacionales define a la cuenca como el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una serie de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio donde las agua forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, desemboquen o no en el mar.

La cuenca, junto con los acuíferos, constituyen la unidad de gestión del recurso hidráulico ; dentro de esta gestión, se propone la formación de consejos de cuenca (artículo 13 de la Ley de Aguas Nacionales) que se definen como instancias de coordinación y concertación entre las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la respectiva cuenca hidrológica, con el objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca ; son, en resumen, un puente de cooperación entre los responsables de la administración de los servicios y los usuarios (incluyendo en estos a los diferentes representantes sociales que se puedan encontrar) que sin perder su carácter oficial facilita la evaluación de riesgos y daños por problemas, así como el mecanismos para su resolución.

El utilizar aguas residuales -tratadas o no- en diferentes actividades implica la necesidad de enfatizar la atención a ciertos problemas sanitarios que se deben considerar. Generalmente el problema más grave se presenta en la aguas residuales crudas que presentan riesgos para la salud (Seaonez, 1998) los clasifica en :

- Bacterias y virus patógenos, y formas de propagación de organismos parásitos presentes en las aguas residuales urbanas, en cuanto a su posible transmisión a formas biológicas superiores, incluido el hombre.
- Compuestos químicos que suponen peligros para la salud.
- Propagación de insectos que puedan ser vectores en la transmisión de enfermedades.

Los brotes epidemiológicos siempre tienen causas bien definidas, en el caso de aquellas enfermedades que se relacionen con las aguas residuales las causas básicas son :

- +Consumo de verduras crudas regadas con aguas residuales urbanas
- +Consumo de frutas regadas con aguas residuales urbanas
- +Bebidas de aguas superficiales contaminadas con aguas residuales urbanas
- +Contacto de los trabajadores con las aguas residuales urbanas
- +Consumo de animales parasitados por helmintos y similares contenidos en las aguas residuales urbanas

En el apéndice 3 se presenta una lista de organismos patógenos y sus tiempos de supervivencia. Aunque en muchos lugares la evidencia del riesgo epidemiológico del vertido con aguas residuales urbanas ha llevado a su prohibición casi general, el conflicto del reuso en zonas agrícolas se ha enfocado hacia las aguas residuales, los distritos de riego aledaños a la ciudad de México, por ejemplo, son los más grandes del mundo (Cifuentes, 1998) y absorben para su utilización una gran parte de las aguas residuales que la ciudad genera ; en la región norte del país, el problema tiene diferentes matices, por un lado, la disponibilidad de agua es muy limitada y las fuentes de donde se obtienen se encuentran amenazadas en la mayoría de los casos, y por otro lado México y Estados Unidos han detectado problemas de salud mayores que en el resto del país a lo largo de toda su zona fronteriza, originados

por el crecimiento acelerado que registra la frontera y que como consecuencia provoca un efecto negativo en múltiples comunidades que se establecen en la región y que no cuentan con infraestructura básica de agua.(Fundación México-Estados Unidos para la ciencia,1998).

Todas las legislaciones especifican que las aguas residuales, ya sean de reuso o no, deben recibir al menos un tratamiento primario o equivalente para eliminar los riesgos patógenos, lo que se logra cuando los tratamientos son eficientes ; en general, la sedimentación no elimina todos los tipos de parásitos, mientras que el paso por filtros de arena lo logra, aparentemente en un 100% (Seañez, 1998); los efectos de los tratamientos primarios más cloración logran la eliminación del 99% de los coliformes y enterococos, del 8)% de los huevos de Ascaris, y del 54% de los quistes de Enteroamoeba (Wang y Dunlop, citados pos Seañez,1998), los mismos autores indican también que los tratamientos biológicos pueden eliminar la mayoría de los huevos de parásitos ; en cambio, se detectan Salmonellas viables en muchos efluentes de este tipo de tratamiento ; el tratamiento por lodos activados elimina al menos al 90% de enterovirus, y la desaparición completa se logra con la desinfección ; los huevos de parásitos no son completamente eliminados por la sedimentación, para la eliminación de los más ligeros (tenias) se recurre a agentes floculantes, el tratamiento biológico, aunque no destruye los lodos, puede acelerar su maduración, el paso final de su destrucción por este tipo de métodos ocurre en el proceso de digestión de lodos ; además, el suelo por si mismo es un medio eficaz para el tratamiento sanitario de las aguas residuales urbanas. La combinación de dos o más métodos parece ser lo más efectivo para la eliminación de los riesgos patógenos.

La legislación mexicana tiende a impedir el uso de aguas residuales urbanas crudas, y cuenta con la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente (LGEEPA) que es el principal ordenamiento jurídico vigente en materia de protección del ambiente en su conjunto, su fundamento legal emana de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos. En lo referente al agua, la LGEEPA considera en su título tercero, el aprovechamiento sustentable del agua y los ecosistemas acuáticos, y en su capítulo cuarto, la prevención y control de la contaminación del agua y los ecosistemas acuáticos, también cuenta con un reglamento para prevenir y controlar la contaminación del mar por vertimientos de desechos y otras materias, donde establece un conjunto de medidas que tienen por objeto no solo prevenir y controlar la contaminación por aguas residuales, sino también propiciar su reuso ; estas disposiciones de la LGEEPA requieren de la existencia de una serie de normas reglamentarias y técnicas oficiales que hagan posible su aplicación, en materia de agua es la NOM-001-ECOL-1996 (apéndice 11) que establece los límites de diferentes parámetros contaminantes para las aguas residuales descargadas en bienes nacionales y generadas por diferentes actividades.

No es posible hablar de volúmenes de agua recuperada para diferentes actividades, pues existen obstáculos de información que necesariamente deben de eliminarse primero. Ya sea en actividades agrícolas, industriales, de riego o de inyección se requiere reunirse con los interesados para poder realizar padrones y bases de datos que permitan llenar esos huecos informativos. Sin embargo, entre los constructores (CNA, SAHOPE, Gobierno Federal y Municipal, etc.) y junto con el futuro operador (Cespe) existe el interés por promover el reuso como una actividad a corto plazo, contando con todas las herramientas necesarias, por lo que el panorama en el que se pueda hacer de Ensenada la ciudad con el mejor tratamiento aguas residuales en México y pionera en el manejo de agua recuperada es bastante alentador.

## VII. CONCLUSIONES

La construcción de la planta de tratamiento “EL Naranja” es una medida adoptada con el fin de lograr el saneamiento integral de la Bahía de Todos Santos.

El principal objetivo de la construcción de la PTARM “El Naranja” es la eliminación de la contaminación en la Bahía Todos Santos y para tal fin se elaboró el proyecto, considerando como una actividad complementaria el reuso del agua. Se carece de un estudio específico de reuso elaborado por las dependencias constructora u operante.

En el plan de manejo de aguas tratadas se proponen cinco alternativas correspondientes a cinco diferentes categorías, estas son : recarga de acuíferos, uso forestal, uso comercial y en la industria, uso agrícola y otros. Cada categoría presenta regiones propuestas, actividades para el desarrollo de esa categoría y consideraciones útiles.

La PTARM “El Naranja” generará un volumen del orden de 15 millones de metros cúbicos por año de aguas recuperadas. Esto representa la posibilidad de contar con una fuente fija de agua disponible para el riego, recarga, almacenamiento o cualquier otra opción propuesta en el plan de manejo. A la vez se estarían eliminando las descargas a la Bahía, permitiendo su adecuada regeneración.

En el centro de población Ensenada, el conocimiento respecto a la “cultura del agua” presenta tres aspectos : Por un lado existe un conocimiento aproximado del 60% en lo que se refiere a la infraestructura existente para el tratamiento de

agua, pero de ese porcentaje menos del 3% tiene algún conocimiento sobre la infraestructura futura (planta el naranja). La adopción de prácticas de reciclamiento de agua se lleva a cabo de manera casi exclusiva en las colonias donde no se cuenta con servicio de agua por tubería ni drenaje. El 70% de la población está de acuerdo en adoptar medidas de reuso de agua, pero no sabe un uso específico.

La reutilización de las aguas residuales recuperadas por la planta “El Naranja” es un instrumento potencial para la solución de problemas tanto de control de la contaminación como de abastecimiento de agua.

El contar con un plan de manejo de aguas tratadas, evitando su disposición final en el océano, significaría un impacto positivo sobre las dos principales actividades costeras en la Bahía Todos Santos: el garantizar la ausencia de descargas promovería mayor confianza para el desarrollo de actividades turísticas en la costa, y la pesca podría beneficiarse con actividades como la repoblación de especies comerciales y mantenimiento de aguas de calidad para la acuicultura.

Para cualquier actividad de reuso deben garantizarse el suministro permanente de determinados volúmenes y una calidad predeterminada del agua tratada.

La generación de áreas verdes en cualquiera de sus modalidades representa un impacto positivo directo en la localidad.

Es necesario fomentar la “cultura ecológica” en la población, de manera que se promuevan conceptos básicos que permitan la promoción exitosa de actividades como el reciclamiento y el reuso .

## VIII. RECOMENDACIONES

Para la recarga del acuífero del Valle de Maneadero, existen diferentes trabajos realizados acerca de su mineralogía, vegetación, edafología, etc., con los que es conveniente asesorarse, todos estos trabajos se encuentran en las oficinas regionales de la Comisión Nacional del Agua, en Mexicali, B.C.

Antes de cualquier actividad de reuso, se recomienda hacer una campaña de información a nivel comunidad en general, que sea diseñada especialmente para asegurar que los habitantes posean el conocimiento de lo que es el agua recuperada, su reusos y la seguridad de su consumo ; de la misma manera, para grupos especialmente involucrados en el problema (agricultores, ejidatarios, industriales, etc.) se recomienda diseñar y aplicar talleres de información.

Una primera actividad de reuso que se puede implementar de manera inmediata es el cumplimiento del convenio celebrado en 1974 entre los gobiernos federal, estatal y usuarios del los ejidos Chapultepec y Sánchez Taboada, con la condicionante de garantizar la calidad del agua que se proporcione.

Para la implementación de planes de reuso en una primera etapa, ya sea correspondiente al suministro hacia la agricultura, a la creación de áreas verdes o a la recarga de acuíferos, no se necesitan grandes inversiones, ya que existen tecnologías eficientes de bajo costo que han demostrado su eficacia en diferentes lugares ; es más necesario el interés y la disposición de las diferentes dependencias que trabajan con los recursos hídricos a nivel municipal, estatal y federal para trabajar coordinadamente sin traslapar actividades mutuas.

La utilización de agua residual recuperada en áreas verdes no debe limitarse al uso exclusivo para camellones, panteones, corredores turísticos, etc.,.

En lo referente al agua como recurso, se puede coordinar la creación de áreas verdes con la asesoría de instituciones como el Museo de Ciencias de Ensenada t grupos ecológicos, que cuentan con experiencia en el trato con la población, y la educación ambiental como parte de sus actividades.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- \*Arzabalo, R. Daze, G. (1991) "La Contaminación del Agua Subterránea y su Transporte en Medios Porosos". Cuaderno no. 6  
Cuadernos de Instituto de Geofísica.  
Instituto de Geofísica, UNAM. México, D.F.
- \*Aubert, Maurice. (1968). "El Cultivo del Océano".  
De. Labor, Barcelona, España.
- \*XV Ayuntamiento de Ensenada. "Plan Municipal de Desarrollo 1996-1998"  
Gobierno Municipal.
- \*Comisión Nacional de Zonas Áridas. SEDESOL. (1994).  
"Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México".  
(PACD-MEXICO).
- \*Comisión Nacional del Agua.(1992). "Ley de Aguas Nacionales"  
Gerencia de Información y Participación Ciudadana  
México, D.F.
- \*Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal en Baja California  
(1996) "Estudio de Factibilidad y Proyecto Ejecutivo para el Reuso  
de las Aguas Negras Tratadas de la PTAR "El Gallo-El Naranjo"  
Planeación, Sistemas y Control S.A. de C.V.  
México, D.F.
- \*Comisión de Servicios de Agua del Estado. (1994)  
"Plan Estatal Hidráulico 1994-2015"  
Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas  
Mexicali, B.C.
- \*Contreras, Francisco.(1985), "Las Lagunas Costeras Mexicanas"  
Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca.  
México, D.F.
- \*De la Lanza Espino. Cáceres Martínez.(1994), "Lagunas Costeras y el Litoral  
Mexicano". Universiada Autónoma de Baja California Sur.  
La Paz, BCS.
- \*EPA (1982). "Impact of Man on the Coastal Enviroment"

- Office of Research and Development. Washington, D.C. U.S.A.
- \*Escalera Burillón. 1992."Impacto Ambiental Generado por las Plantas de Tratamiento de Aguas Negras en el Medio marino"  
Resolución a la Pregunta Problema. Facultad de Ciencias Marinas.  
Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- \*Escofet, Ana María.(1989). "Ecología Aplicada en Baja California".  
Cap. 10 :285-318  
En : De la Rosa Vélez, J. González Farías, F. Editores. (1990). "Temas de Oceanografía Biológica en México".  
Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México
- \*Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia.(1998). "Water and Health at the U.S.-Mexico Border Science, Technology and Policy Issues"  
FUMEUC, México, D.F.
- \*Gómez Morín, Lorenzo. (1994). "Marco Conceptual y Metodológico para la Planificación Ambiental del Desarrollo Costero en México : la Experiencia de Baja California".  
Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Marinas.  
Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- \*Metcalf & Eddy (1996) "Ingeniería de Aguas Residuales"  
Tratamiento, Vertido y Reutilización, Tomo 1 y 2  
De. McGraw Hill, México, D.F.
- \*National Academy of Sciences. (1970). "Wastes Management Concepts for the Coastal Zone".  
Committee on Ocean Engineering. N.A.S. Washington, D.C. U.S.A.
- \*Orange County Water District. (1996) "Annual report 1994-1995"
- \* Wesner, George (1990) "Wastewater Reclamation and Recharge Project".  
Orange county Water District Calendar Year 1990.
- \*Orozco Borbón. et.al.(1994). "Estudio Bacteriológico de Agua de Mar para el

- Cultivo de Moluscos Bivalvos en Baja California".  
 Revista Ciencias Marinas, 20(2) :183-198pp  
 Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.
- \*PRONATURA (1994) "Áreas Naturales Protegidas de México"  
 Revista de Divulgación. México, D.F.
- \*SCCWRP. "Annual Report" (1993-94) y (1994-95)  
 Vainer Printing, Santa Ana, CA. USA.
- \*Scrimshaw, S. Willis, S. Cifuentes, E. y Orozco, E. (1998)  
 "Taller de Métodos de Evaluación Rápida (RAP), Para Proyectos de Agua,  
 Saneamiento y salud de la Comunidad" Cuadernos de Trabajo  
 Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia  
 México, D.F.
- \*Scrimshaw, Susan. y Hurtado, Elena (1987)  
 "Rapid Assessment Procedures"  
 Anthropological Approaches to Improving Programme Effectiveness  
 UCLA Latin American Center, Los Angeles, Ca.
- \*Seaonez Calvo. (1998). "Aguas Residuales Urbanas, Tratamientos  
 Naturales de Bajo Costo y Aprovechamiento.  
 Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- \*Secretaría de Marina (1974). "Estudio Geográfico de la Región de  
 Ensenada, B.C.". Dirección general de Oceanografía y Señalamiento  
 Marítimo.
- \*Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1997)  
 "Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites  
 máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en  
 aguas y bienes nacionales".  
 Diario Oficial de la Federación, Lunes 6 de enero de 1997.  
 México, D.F.
- \*Tanahara Romero, Tirza Y. (1996). "Variabilidad espacio Temporal de

Bacterias Coliformes en la Bahía de Todos Santos, B.C.”

Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas

Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. México.

\*Universidad Autónoma de Baja California (1997)

Diplomado en Gestión Ambiental. Cuadernos de Trabajo.

Programa de Capacitación en Gestión Ambiental del Estado de

Baja California.

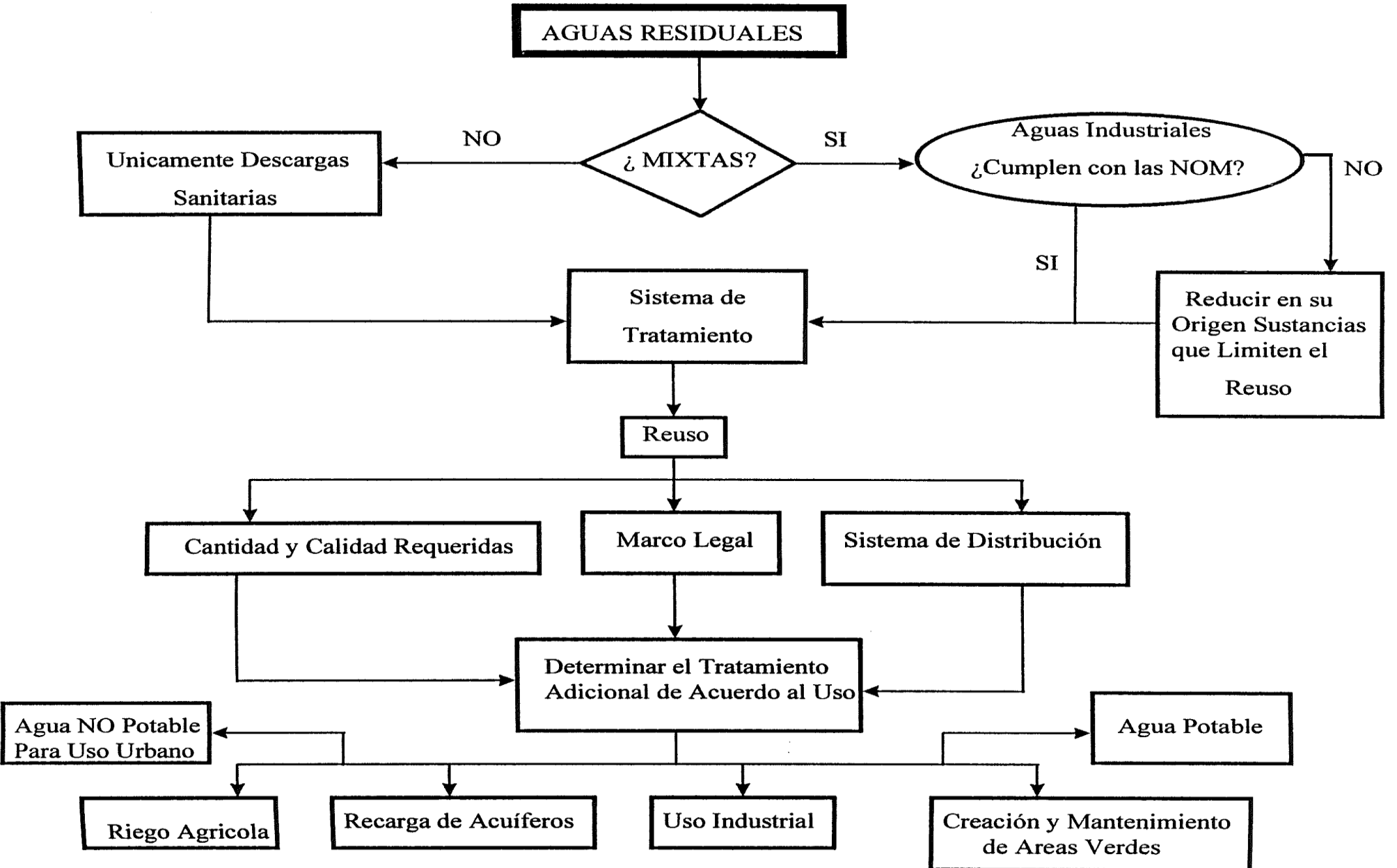
Mexicali, B.C.

\*Winkler, Michel A. (1986) “Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho”

De. Limusa. México, D.F.

# X. APENDICES

Figura 3  
Planta de Tratamiento "El Gallo"  
(Fuente : :SAHOPE,1996)



APENDICE 2

Agentes Infecciosos Potencialmente Presentes en Aguas con Tratamiento Deficiente  
(Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia, 1998)

Organismo Patógeno	Enfermedad
Protozoarios	
Entamoeba histolytica	Amibiasis (Disenteria amibica)
Giardia lamblia	Giardiasis
Balantidium coli	Balantisiasia (disentería)
Cryptospondium	Cryptosporidiosis, diarrea, fiebre
Helmintos	
Ascaris lumbricoides	Ascariasis
Ancylostoma duodenale	Ancylostomiasis
Necator americanus	Necatoriasis
Ancylostoma (spp.)	Larvas cutáneas
Strongloides stercoralis	Strongyloidiasis
Trichuris trichiura	Trichuriasis
Taenia (pp.)	Taeniasis
Enterobius vermicularis	Enterobiasis
Echinococcus granulosus (spp.)	Hydatidosis
Bacterias	
Shigella (4spp.)	Shigellosis (disentería)
Salmonella typhi	Fiebre Tifoidea
Salmolla (1700 serotipos)	Salmonellosis
Vibrio cholerae	Cólera
Escherichia coli	Gastroenteritis
Yersinia enterocolitica	Yersiniosis
Leptospira (spp.)	Leptospirosis
Legionella	Legionella
Campylobacter jejuni	Gastroenteritis
Virus	
Enterovirus (72 tipos)	Gastroenteritis, anomalías cardiacas
Hepatitis A	meningitis
Adenovirus (47 tipos)	hepatitis infecciosa
Rotavirus (4 tipos)	Enfermedades respiratorias, infecciones en ojos
Parvovirus (3 tipos)	Gastroenteritis
Agente Norwalk	Gastroenteritis
Reovirus (3 tipos)	Diarrea, vómito, fiebre
Astrovirus (6 tipos)	En establecida claramente
Calicivirus (2 tipos)	Gastroenteritis
Coronoavirus	gastroenteritis

APENDICE 3

Criterios del Estado de California para la Aplicación de Agua Residual Recuperada en Usos Recreativos y de Riego (Metcalf & Eddy, 1998).

	Descripción	del Tratamiento	Mínimo	Requerido
Uso del Agua Residual Recuperada	Primario <sup>b</sup>	Secundario y Desinfección	Secundario, Coagulación, Filtración <sup>c</sup> y Desinfección	Mediana de la Presencia de Coliformes NMP/100 ml (muestreo diario)
Riego				
Cultivos de forraje	X			No se exige valor alguno
Fibras	X			No se exige valor alguno
Cultivos de siembra	X			No se exige valor alguno
Productos de consumo directo riego superficial		X		2.2
Productos de consumo directo riego con rociadores			X	2.2
Productos procesados riego superficial	X			No se exige valor alguno
Productos procesados riego con rociadores		X		23
Espacios verdes, campos de golf, cementerios		X		23
Espacios verdes, patios, jardines, patios de colegios			X	2.2
Embalses recreacionales				
Sin contacto con el público		X		23
Exclusivamente pesca y navegación				
De contacto directo (baño)		X		2.2
			X	2.2

<sup>a</sup> Adaptado de la bibliografía.

<sup>b</sup> El efluente no debe contener más de 0.5 ml/l-h de sólidos sedimentables.

<sup>c</sup> El efluente no debe contener más de 2 unidades de turbiedad.

#### APENDICE 4

Parámetros Requeridos en Agua para Inyección a Acuíferos en California, U.S.A.  
(Orange County Water District, 1990)

Parámetro	Concentración Máxima (mg/l excepto pH)
Boro	0.5
Cloro	120
Flúor	1.0
Nitrógeno (total)	10
Sodio	115
Sulfato	125
pH	6.5 a 8.5
Residuos filtrables	500
Dureza total	180
Arsénico	0.05
Bario	1.0
Cadmio	0.01
Cromo	0.05
Cobalto	0.2
Cobre	1.0
Cianuro	0.2
Hierro	0.1
Plomo	0.05
Manganeso	0.05
Mercurio	0.002
Selenio	0.01
Plata	0.05

## APENDICE 5

Factores que hay que tomar en cuenta a la hora de formular los principios de actuación en la recarga de aguas subterráneas en los Estados Unidos  
(State of California, Natinal Research Council en Metcalf & Eddy,1996)

	Distribución en superficie
Tratamiento	Control de productos químicos de origen. Sedimentación primaria o tratamiento biológico secundario. Filtración terciaria en medio granular (posiblemente, adsorción sobre carbono activado para la eliminación de compuestos orgánicos). Desinfección.
Profundidad hasta el nivel friático	Percolación a través de una zona no saturada o de un terreno no alterado. Profundidad hasta el nivel friático entre 3 y 15 m, en función de la velocidad de percolación de los suelos.
Tiempo de retención en el terreno	6 a 12 meses, en función del tipo de pretratamiento.
Porcentaje máximo de agua recuperada	En pozos de extracción, entre el 20 y el 50 por ciento del total anual, en función de la eliminación de materia orgánica.
Distancia horizontal	Entre 150 y 350 m, en función del proceso de pretratamiento.
Seguimiento	Detallado, incluyendo los contaminantes contemplados en las normativas aplicables a las aguas potables.
	Inyección directa
Tratamiento	Control de productos químicos en fuente de origen. Sedimentación primaria o tratamiento biológico secundario. Coagulación química, clarificación y filtración en medio granular. Adsorción sobre carbón activado. Eliminación de compuestos orgánicos volátiles. Osmosis inversa u otro proceso de membrana. Desinfección.
Profundidad hasta el nivel friático	No aplicable (inyección directa a acuíferos subterráneos)
Tiempo de retención en el terreno	12 meses
porcentaje máximo de agua recuperada	En pozos de extracción, 20 por ciento del total anual.
Distancia horizontal	Entre 350 y 700 m.
Seguimiento	Bastante detallado, incluyendo los contaminantes contemplados en las normativas aplicables a las aguas potables.

Limites Máximos Permisibles para Contaminantes que Contiene la Norma oficial Mexicana  
 NOM-001-ECOL-1996. Que Establece los Limites Máximos Permisibles de Contaminantes  
 en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.  
 (SEMARNAP, 1996. En Diario Oficial).

TABLA 2

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (m/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendedos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	100	175	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sub>5</sub>	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	100	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

**TABLA 3**

**LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS**

PARAMETROS (-)  (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)	
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)			
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.		
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2
Cianuro	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20

(\*) Medidos de manera total.

P.D.= Promedio Diario P.M.= Promedio Mensual N.A.= No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Apéndice 7  
Folleto Informativo Acerca de la  
Recuperación y Reuso de Agua.

APENDICE 7

Folleto Informativo acerca de la  
Recuperación y Reuso de Agua.

QUE PASA CON EL AGUA EN  
BAJA CALIFORNIA ?

El agua tiene un valor importante para el desarrollo de cualquier región, especialmente en las ciudades del norte de la república mexicana, donde escasea, y para su obtención se tiene que obtener de lugares donde este disponible, generalmente alejados, por lo que cada vez se requieren de más esfuerzos y mayores costos para transportarla. Por eso, en lugares donde no hay mucha agua disponible, como Ensenada, se esta promoviendo el reciclamiento para algunas actividades.

¿QUE ES EL AGUA  
RECUPERADA ?

El agua recuperada es aquella que una vez utilizada ha recibido una serie de tratamientos para limpiarla.

¿PORQUE ES IMPORTANTE EL  
AGUA RECUPERADA ?

Porque ofrece una fuente de abastecimiento de agua PARA DETERMINADAS ACTIVIDADES que permiten aprovechar mejor el agua que se extrae de pozos o se trae por acueductos.

¿QUE CALIDAD TIENE EL AGUA  
RECUPERADA ?

La calidad del agua recuperada varía dependiendo de sistema de tratamiento que hayan recibido y el uso final del agua determina también que tanto tratamiento adicional requiere. Con un buen tratamiento el agua recuperada tiene la misma calidad que el agua corriente de la llave (no-potable).

¿SE PUEDE BEBER AGUA  
RECUPERADA ?

Aunque técnicamente es posible, ya que existen tratamientos muy avanzados que permiten la potabilización del agua, por razones culturales se considera mejor utilizar esta agua en otras actividades, alejadas del consumo humano directo.

¿EL AGUA RECUPERADA PUEDE  
ALTERAR LA SALUD ?

En muchos lugares de México y del mundo se utiliza el agua recuperada para regar cultivos, y se ha demostrado que siempre que se este llevando acabo el tratamiento adecuado, no implica ningún riesgo el consumo de estos productos.

¿QUE USOS SE LE PUEDEN DAR  
AL AGUA RECUPERADA ?

El agua recuperada puede ser utilizada para regar parques, jardines, camellones y demás áreas verdes, para el riego de algunos cultivos, para la reinyección de acuíferos, para el lavado y otros procesos industriales, para el llenado de tomas de agua de bomberos y para muchas otras actividades.

¿ES LEGAL UTILIZAR AGUA  
RECUPERADA ?

La legislación y las autoridades encargadas de vigilar la calidad del agua permiten el uso de agua recuperada para actividades como las arriba mencionadas siempre y cuando se mantenga la eficiencia en el tratamiento que reciben.

¿PORQUE ES NECESARIO  
UTILIZAR AGUA RECUPERADA  
EN ENSENADA ?

Ensenada se encuentra en uno de los estados con menor cantidad de agua disponible, tanto del subsuelo como por precipitaciones, y al seguir creciendo y desarrollando diferentes actividades necesitará una mayor cantidad de agua para su consumo, por lo que el uso de agua recuperada para determinadas actividades permitirá una mejor administración y distribución del agua que se trae de otros lugares o se extrae del subsuelo.



## APENDICE 9

Guía de RAP para “Agua y Salud Pública” realizada en el taller “Métodos de Evaluación Rápida (RAP) ; Para proyectos de Agua, Saneamiento y Salud de la Comunidad” (Septiembre, 1998).

### Agua y Saneamiento

#### Clasificación rural y urbana

#### **Disponibilidad**

- 1.-¿Dispone usted de agua ?
- 2.-¿Cómo consigue usted el agua ?
- 3.-¿Costo del agua (i.e. pipa, tambo, etc.,) ?
- 4.-¿Cada cuándo reciben el servicio ?
- 5.-¿Reciben a tiempo el servicio ?
- 6.-¿Qué hacen cuando no llega el agua ?
- 7.-¿Cuáles son las opciones de almacenamiento ?
- 8.-¿Estimación del agua disponible en litros ?
- 9.-¿Le alcanza el agua que compra ?
- 10.-¿Cómo manejan el agua en su hogar ?  
(hervir, clorar, etc.,)
- 11.-¿Cómo racionan el uso del agua ? (Indagar acerca de costumbres relacionadas con este tópico)
- 12.-¿Qué hace usted para ahorrar el agua ?
- 13.-¿Opciones de reuso del agua ?
- 14.-¿Dónde hacen sus necesidades ? (Letrina, fosa séptica, hoyo, etc.,)

#### **Gestión**

- 1.-¿Cómo se organiza la comunidad para tener el servicio de agua ?
- 2.-¿Existe algún comité del agua ?
- 3.-¿Quiénes integran el comité ? (Indagar acerca de la historia del comité)
- 4.-¿Cuáles son las relaciones del comité con autoridades y/o instituciones públicas ?

- 5.-¿Aporta la comunidad recursos para los gastos del comité realizando misiones de gestión ?
- 6.-¿Cómo les va con el gobierno ?
- 7.-¿Sabe usted de la existencia de algún plan de desarrollo gubernamental ?
- 8.-¿Cómo están establecidas las aportaciones para el desarrollo de este plan ?

### **Actitudes : Cualidades del Agua**

- 1.-¿Cuál agua es limpia ?
- 2.-¿Cuáles son las cualidades del agua ?
- 3.-¿Qué tipo de agua puede ser peligrosa para la salud ?
- 4.-¿Porqué toma agua embotellada ?
- 5.-¿Qué tipo de información reciben acerca del agua ?

### **Saneamiento Básico**

- 1.-Hogar (letrina, inodoro con agua, desecho de papel, lugar para lavarse las manos)
- 2.-¿A dónde van a dar las aguas de desecho ?
- 3.-¿Qué pasa con los desechos de los animales ? (Indagar acerca de los animales en el espacio doméstico, y la higiene en el manejo de excretas de los animales)
- 4.-¿Disponen de un servicio de limpia y recolección e basura ?
- 5.-¿Cada cuándo pasa el servicio ?
- 6.-¿Tienen que pagar por el servicio ?
- 7.-¿Dónde tiran los pañales desechables ?
- 8.-¿Dónde hacen del baño los niños ?
- 9.-¿Qué hacen con la basura cuando no pasa el servicio de limpia ?

### **Higiene**

- 1.-¿Dónde se bañan en este hogar ? ¿Cómo ?
- 2.-¿Cuántas cubetas usa para bañarse ?
- 3.-¿Cuántas cubetas usa para lavar trastos ?

- 4.-¿Cuántas cubetas usa para lavar ropa ?
- 5.-¿Disponen en este lugar de algún sitio para ir al baño ?
- 6.-¿Cuántas cubetas usa cada vez que va al baño ?
- 7.-¿Qué hacen con el agua que les sobra ?
- 8.-¿Qué hacen con el agua que ya utilizaron ?
- 9.-¿Qué cosas pueden resultar peligrosas para el agua ?

### **Manejo de Alimentos**

- 1.-¿Qué agua usa usted para cocinar ?
- 2.-¿Cuánta agua usa al día para cocinar ?
- 3.-¿Quién cocina en este hogar ?
- 4.-¿Le da algún tratamiento adicional al agua que utiliza para cocinar ?
- 5.-¿Qué le hace a las verduras antes de comerlas ?
- 6.-¿Qué hace con los desechos de la cocina ?
- 7.-¿Cómo, dónde y con qué agua lavan los trastes ?
- 8.-¿Uso del agua con animales (para tomar, para bañarlos, para limpiar corrales)