

# **IMPACTO AMBIENTAL, ASENTAMIENTOS HUMANOS Y DESARROLLO HUMANO.**

A) El impacto ambiental, la preservación y conservación del equilibrio ecológico.

## **INTRODUCCIÓN**

Manifiesto de impacto ambiental desarrollado para N.S.C. Agua, S.A. de C.V. para la Planta Desalinizadora, Rosarito, B.C. siendo el representante legal Ismael Sánchez González con domicilio en Boulevard Sánchez Taboada 10488 Zona Rio, C.P.:22320 Tijuana B.C.

Estudio de impacto ambiental desarrollado por el Ing. Enrique Noriega Spínola, cedula profesional 86240, con domicilio en calle Veracruz 336 Acapulco, C.P: 22890 Ensenada, B. C.

Pare realizarlo, el Ingeniero Spínola se apoyo en una serie de análisis de las mareas y oleajes del Ing. Jenkins que ya se menciona y que se incluye en el anexo Técnico. Asimismo, se presento un Manifiesto de impacto ambiental del Acueducto Rosarito el Florido, también hay un documento de manifiesto de impacto urbano de la construcción del acueducto Rosarito El Florido para cada municipio, tanto en Tijuana como para Rosarito, los cuales forman parte del anexo correspondiente a Impacto Ambiental.

La preocupación de NSC AGUA por otorgar un buen servicio y con calidad es considerable y para ello encargo un análisis de la contaminación de agua de mar a la empresa CISCO de Consultoría Ambiental, quien realizo un estudio exhaustivo de todas las posibles fuentes de contaminación del agua de mar en la zona de influencia de captación de agua de la CFE y de la propia planta desalinizadora, mismo que se llevo a cabo en julio del 2014, que a su vez se integra en el anexo correspondiente a Impacto Ambiental de este estudio.

Esta misma empresa CISCO de Consultoría Ambiental, elaboro el programa de vigilancia ambiental para NSC AGUA, y forma parte del Anexo de Impacto Ambiental.

## **GENERALIDADES DEL PROYECTO**

La escasez de lluvias, determinó que las fuentes locales de abastecimiento eran insuficientes; por tal motivo, desde los años 60 se iniciaron los estudios correspondientes al Proyecto del Acueducto Río Colorado-Tijuana, concluyendo su construcción en 1975, alcanzando en 1992 un gasto nominal de 4 m<sup>3</sup>/s, agua que es transportada desde el Río Colorado.

El Estudio Geohidrológico del Valle de Tijuana, elaborado en 1979 por la Comisión Nacional de Agua, llevo a la conclusión que la realización de este proyecto hará posible reducir o eliminar los procesos de deterioración de los mantos freáticos de la región, a causa de la intrusión salina por la sobre explotación a la que están sometidos estos acuíferos.

Lograr que el vital líquido llegue hasta los hogares tijuanaenses requiere conducir el agua a través de aproximadamente 100 km de canales del Distrito de Riego del Valle de Mexicali y, posteriormente, por 140 km de tubería pertenecientes al Acueducto Río Colorado-Tijuana. Esto implica vencer 1,060 metros de carga hidráulica para cruzar la Sierra de La Rumorosa, lo que ocasiona un elevado costo de operación en energía eléctrica, recursos humanos y materiales.

En el caso de estos sistemas que utilizara la planta es posible recuperar el 50.4% de la energía hidráulica disponible en la salmuera, lo que reduce la potencia neta requerida para la realización del proceso de filtración a 48,660 kW, permitiendo producir un volumen de agua potable mayor (4.38 m<sup>3</sup>/s) al bombeado en el acueducto.<sup>1</sup>

Por lo tanto, el sistema de desalinización podrá reducir hasta en 36% la demanda de energía eléctrica que se requiera para surtir el agua de Tijuana desde el Rio Colorado, adicionalmente no se requerirá de potabilización posterior.

Teniendo en cuenta la demanda en incremento y la baja disponibilidad de agua, la desalinización aportará los caudales extras que se demandan y que las fuentes tradicionales ya no tienen disponibles, o que su extracción implica el deterioro irremediable de los acuíferos, afectación que se ha observado en varias zonas de la región, en forma de intrusión salina a los acuíferos costeros. Contar con un caudal seguro de agua, permite que la actividad económica en la zona no decaiga y se mantenga un nivel de desarrollo tomando en cuenta la capacidad de los recursos naturales de la zona y los datos históricos de producción y disponibilidad de agua.

A la fecha es ampliamente conocido que las fuentes de agua dulce son un recurso sumamente limitado en la región, la demanda ha agotado muchas de las fuentes locales, los costos para el consumidor se han incrementado notablemente. Este proyecto podrá brindar a la sociedad, mejor abasto, mejor calidad, y posiblemente tarifas menos onerosas.

El objetivo material del proyecto es construir una planta desalinizadora, utilizando tecnología de membranas de ósmosis inversa, con una capacidad nominal de 4.38 m<sup>3</sup>/s (100 MGD<sup>1</sup>). La planta será alimentada con 8.8 m<sup>3</sup>/s de agua de mar, la cual será tomada de la descarga del circuito principal

Enfriamiento de la Central Termoeléctrica Presidente Juárez de la CFE. El proceso de desalación generará una corriente residual de agua salada concentrada (salmuera) de 4.38 m<sup>3</sup>/s la cual será retornada al mar.

El objetivo del proyecto es abastecer la demanda pública urbana de la región. Anticipando que la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) será el cliente principal. Al respecto se comenta que Tijuana es una de las ciudades en México con mayor demanda de agua, prevaleciendo la proyección de escenarios de fuerte escasez para la región en 2030 (SEMARNAT, 2006), lo que representa un enorme desafío para la atención del abasto en esta ciudad.

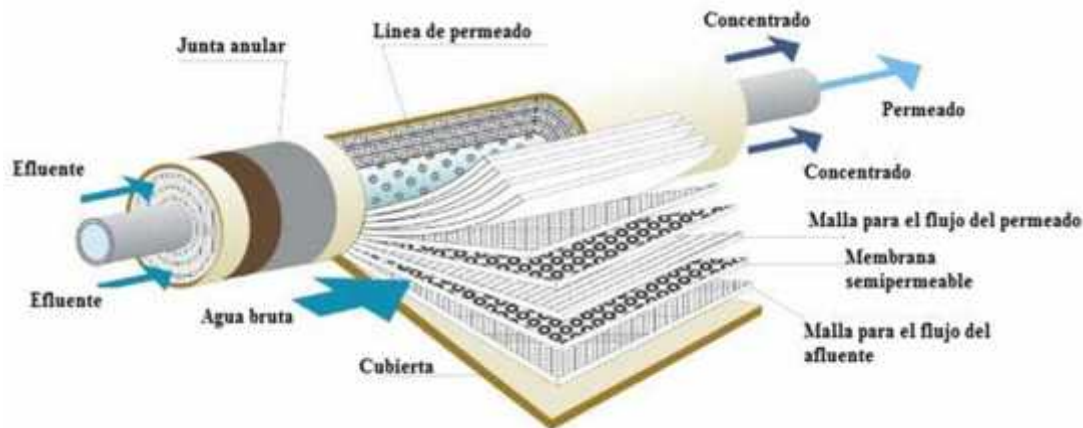
Tijuana ha mostrado crecimiento poblacional y económico (INEGI, 2006 y CONAPO, 2009), y carece de fuentes de abastecimiento de agua tanto superficial como subterránea, lo que le condiciona a depender totalmente del abasto del río Colorado (Marcus, 2000 y Bernal, 2005), la CESPT ha pronosticado que en el futuro inmediato la demanda de agua potable, rebasará la disponibilidad. También se tiene contemplado vender los excedentes que no sean demandados por la CESPT a consumidores al norte de la frontera. Con base en esta información, resulta evidente que la producción de agua potable pretendida por este proyecto, atenderá una importantísima demanda regional, que proveerá de significativos beneficios sociales, económicos y ambientales, además de que confiablemente producirá un efectivo retorno a la inversión.

Tecnología en que se basa el proyecto

---

<sup>1</sup> MGD= Millones de galones por día; 100 MGD = 378,500 M<sup>3</sup>/día.

La tecnología elegida para el proyecto bajo estudio fue de ósmosis inversa con membranas semipermeables de poliamida del tipo de arrollamiento en espiral. Implica forzar agua salobre a pasar, bajo alta presión, a través de una membrana semipermeable que elimina sales e impurezas. La Figura 2 ilustra el proceso de filtración con el uso de membranas de ósmosis inversa del tipo descrito, en ella se aprecia que el agua alimentada circula por una malla y que por causa de la presión, una fracción del agua atraviesa la membrana hacia el tubo interior, dejando atrás en este proceso a sus sales. La fracción de agua que no atraviesa la membrana continúa por la malla hacia la salida del rechazo, arrastrando consigo la masa de sal que el agua filtrada dejó, por lo tanto aumentando su salinidad.



**Figura. 2, Organización de la membrana semipermeable utilizada en la ósmosis inversa**

La firma de ingeniería a cargo de la elaboración del proyecto ejecutivo es coreana, pero la integración de una obra de esta magnitud implica el suministro de tecnologías complementarias de orígenes diversos, por lo que se puede considerar que se trata de un proyecto global. El origen de la inversión es de Estados Unidos de Norteamérica.

La calidad del agua producida mediante la tecnología será mucho mayor que la del agua abastecida en la actualidad, lo que posiblemente impactará los patrones de consumo de agua “embotellada”.

La descripción del proceso para la desalinización de agua de mar se puede descomponer en las siguientes 6 etapas<sup>2</sup>: 1) toma de agua de mar, 2) pre-tratamiento del agua de mar, 3) desalinización, 4) potabilización, 5) transporte/entrega del agua potabilizada a los clientes, y 6) disposición de los residuos generados por el proceso.

**Toma de agua de mar** – El proyecto de NSC pretende abastecerse del agua residual generada por el proceso de enfriamiento de las unidades 8, 9, 10 y 11 de la C.T. Presidente Juárez de la CFE. Estas unidades son la más eficientes y modernas en el complejo termoeléctrico y por ello son la que atienden la demanda base, dejando de operar únicamente durante los procesos de mantenimiento anual.

Para aprovechar las descargas de estas unidades, se proyecta construir cajas de agua inmediatamente al lado de los puntos de descarga provenientes de estas unidades al canal de descarga de la C.T. Presidente Juárez. Para los periodos en los que algunas de

<sup>2</sup> Estas etapas corresponden a las descritas anteriormente, para fines de la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental se agregaron de manera diferente.

estas unidades no operan, y que la planta desalinizadora demanda más agua de alimentación de la disponible en las descargas de estas unidades, se pretende construir una obra de toma de emergencia en el canal de llamada de la C.T. Presidente Juárez. Todas estas obras requerirán de los acueductos apropiados que conduzcan el agua de alimentación a la planta desalinizadora. Prácticamente todas estas obras se localizarán en la predio de la CFE.

**Pre-tratamiento del agua de mar** – Antes de desalinizar el agua de mar, es necesario separar de esta los sólidos suspendidos que contiene, esta acción se realiza mediante primero la dosificación de mínimas cantidades de productos químicos que coagulan y desestabilizan a la suspensión de los sólidos, para segundo, realizar la su separación física mediante un proceso de flotación y otro usando un medio filtrante. El pre-tratamiento dará lugar a la generación de un volumen significativo de lodos provenientes de los sólidos separados del agua de mar.

**Desalinización** – Como se explica antes, la desalinización se realizará utilizando trenes con membranas de ósmosis inversa. Para este proceso se requerirá de bombas que elevarán la presión al nivel requerido para llevar a cabo el paso del agua a través de las membranas, del efluente rechazado por las membranas se rescatará la presión convirtiéndola en energía eléctrica que será usada para la mismo aumento de presión del flujo de alimentación, reduciendo así sustancialmente la demanda de energía el proceso.

**Potabilización** – El agua desalinizada no es adecuada para el consumo humano, además es demasiado corrosiva para los sistemas de transporte, para hacerla potable se tratara mediante un proceso de mineralización, carbonatación y desinfección. Este último no es realmente una desinfección más correctamente es la adición de cloro para proteger el agua de infecciones en el sistema de distribución.

**Transporte/Entrega del Agua al Cliente** – El sistema de transporte que transportará el agua hasta el punto de entrega al cliente, es motivo de un proyecto asociado cuya autorización ambiental será tramitada en proceso independiente.

**Disposición de los residuos generados por el Proceso** – El proceso de desalación generará un conjunto de residuos entre los cuales dos corrientes merecen mención, estas son los biosólidos, principalmente larvas propias del medio marino, separadas de la corriente principal de proceso durante el pre- tratamiento, y el agua de rechazo o salmuera. Ambas corrientes serán retornadas al mar por medio de un acueducto que les transportará a través del predio de la CFE hasta el canal de descarga de la central termoeléctrica, donde la se mezclarán y de ésta forma se diluirá la concentración de sal con el efluente descargado por la CFE.

### **Ubicación física del proyecto y planos de localización**

Se plantea realizar el proyecto bajo estudio, en el terreno baldío colindante al Norte con la C.T. Presidente Juárez de la Comisión Federal de Electricidad, misma que se ubica en la ciudad de Playas de Rosarito, en el estado de Baja California. Esta ubicación no es casual y obedece a un conjunto de ventajas técnico-económicas que se derivan para el proyecto en este sitio como son: aprovechar la descarga del complejo termoeléctrico como agua de alimentación para el proceso de desalinización.

Adicionalmente se contempla la construcción de nuevas estructuras y aprovechar algunas existentes dentro del predio de la C.T. Presidente Juárez de la CFE.

En la imagen siguiente se presenta la ubicación de la planta:



### **Capacidad de planta**

La planta desalinizadora de NSC. Agua ha sido especificada para producir 100 MGD (4.38 m<sup>3</sup>/s) de agua potable por medio de la habilitación de etapas sucesivas con capacidad cada una de 25 MGD. La tasa anual promedio de producción proyectada es de 93 MGD basada en la disponibilidad máxima con 20 trenes de producción, sin unidades en espera. Se tiene considerado elevar la disponibilidad a 95% pero esto requiere 1 a 2 trenes redundantes. Los equipos y materiales de construcción serán seleccionados para proporcionar una vida de 30 años.

En síntesis, las obras requeridas por el proyecto son:

- La planta desalinizadora requerida para el pre-tratamiento y para la desalinización por ósmosis inversa, todo esto a construirse en el predio de adquirido por NSC.
- Las instalaciones necesarias para la toma del agua de mar para alimentación al proceso de desalinización y para la descarga de la salmuera al mar. Instalaciones a construirse en el predio de la CFE. En el Anexo D se presenta el arreglo de las obras proyectadas en el predio de CFE.

### **VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS**

En la elaboración de esta sección se consultaron los documentos de planificación que ordenan la zona donde se ubicará el Proyecto. De acuerdo a la Ley de Planeación del Estado de Baja California, los documentos con validez legal son:

- Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018 (PND).

- Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California (POEBC) 2009-2013.
- Programa Regional de Desarrollo Urbano, Turístico y Ecológico del Corredor Costero Tijuana-Rosarito-Ensenada (COCOTREN)
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Playas de Rosarito. 2011-2013
- Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Baja California 2008 – 2013

Además de la legislación, reglamentos, decretos y normatividad ambiental.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018 (PND), Economía competitiva y generadora de empleos menciona en la estrategia 4.4.3. “Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono.”

El PND referente al Sector Hidráulico menciona en la estrategia 4.4.2 “... Asegurar agua suficiente y de calidad adecuada para garantizar el consumo humano y la seguridad alimentaria, Fortalecer el desarrollo y la capacidad técnica y financiera de los organismos operadores para la prestación de mejores servicios.”

El Plan Estatal de Desarrollo 2013–2018 (PED) relativo a “Desarrollo regional sustentable menciona en el eje 3.3.2 Desalación “Lograr la planeación y ejecución de proyectos de desalación de agua de mar para integrarlos como nuevas fuentes de abastecimiento con una visión sustentable para beneficio de las localidades”

En el Plan Municipal de desarrollo 2011-2013 de Playas de Rosarito, B.C (PMDPR), relativo al Desarrollo urbano sustentable y calidad de vida, menciona que...las políticas de ordenamiento urbano y territorial, que tienen como objetivo el modelado urbanístico de la ciudad en forma sustentable, la planificación y desarrollo de infraestructura, servicios y obras públicas.

En el Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado (POEBC), específicamente en lo relativo al Recurso Agua el capítulo 2...” aborda el diagnóstico de las variables ambientales destacando su problemática asociada a la disponibilidad actual y futura del agua, su tratamiento y reuso”.

Dadas las características del proyecto bajo estudio, resulta concluyente que sus objetivos están profundamente vinculados con los lineamientos descritos en los anteriores párrafos, siendo útil resaltar que el éxito de este proyecto resultará en el incremento sustancial de la disponibilidad de agua potable, lo que potenciará las posibilidades de crecimiento, desarrollo económico y social de la región.

## **CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO Y DIAGNÓSTICO AMBIENTAL**

La Zona de Estudio (ZE) que aplica al proyecto bajo estudio, debe determinarse en consideración a los siguientes aspectos:

- Ubicación del sitio propuesto.
- Extensión territorial de la influencia del proyecto bajo estudio.
- Regionalización establecida por el Programa de Ordenamiento Ecológico de Baja California (POEBC).
- Regionalización marina propuesta por la CONABIO para la zona marina correspondiente al frente costero del sitio propuesto.

La ubicación proyectada de la Planta Desalinizadora es dentro de la mancha urbana de la conurbación Playas de Rosarito, específicamente en la fracción del solar, actualmente con

calidad de lote baldío, colindante al complejo termoeléctrico de la CFE C.T. Presidente Juárez.

Este terreno, hace frente en su lindero norte con la complejo termoeléctrico el cual se asienta en un predio mayor a 50 ha, el cual a su vez colinda al norte con las instalaciones regionales de PEMEX, las cuales reciben por vía marítima, prácticamente la totalidad de los combustibles líquidos que se consumen en el estado, esta instalación ocupa un predio de aproximadamente 25 ha. Entre estas dos instalaciones, suman un frente costero de aproximadamente 1.5 km, al cual por razones de seguridad tiene acceso controlado. Ambas instalaciones son de alto riesgo y son reguladas por la Federación.

El predio elegido colinda al oeste, sur y este con asentamientos urbanos, principalmente de uso habitacional.

En síntesis, Playas de Rosarito es una zona en rápida marcha hacia su plena urbanización, habiendo hace 40 años sido elegida para convertirse en el centro estatal de concentración estratégica de instalaciones de energía, pero el rápido crecimiento que la zona fronteriza noroeste del estado experimentó en los últimos 25 años, así como el desarrollo de un considerable oferta de pequeños servicios turísticos en esta zona, dio lugar a una conurbación en la que se entrelazan el uso habitacional, industrial de alto riesgo y el turístico. El resultado es una zona que fundamentalmente ha perdido sus características naturales en su fracción terrestre.

El proyecto bajo estudio implica la instalación y operación de una planta industrial compuesta de equipo automatizado, con mínima demanda de mano de obra, y en consecuencia mínima perturbación a la densidad urbana actual. Como se documenta en otras partes del estudio, la operación de la planta del proyecto bajo estudio, no generará emisiones atmosféricas, y fundamentalmente las operaciones del proyecto y su influencia, estarán suscritas al interior del predio. Por lo descrito, con excepción de la descarga de la salmuera de rechazo al medio marino, aspecto que se trata a continuación, no se anticipa que el proyecto bajo estudio, tenga influencia significativa o impacto en el medio terrestre.

Con relación al ambiente marino, cuando el proyecto entre en plena operación, dará lugar a una descarga en el frente costero de aproximadamente 5.6 m<sup>3</sup>/s de salmuera, lo que causará una alteración en la salinidad de su zona de dispersión. Este aspecto del proyecto, demanda que se realicen los estudios necesarios para la debida caracterización del medio marino. En este sentido, resulta necesario sumar a la ZE, la Zona Marina de Estudio, esto en función de una regionalización que observe las distinciones bióticas y físicas de la región.

Por último, es necesario considerar el impacto social y económico del proyecto, y establecer si su influencia en estos aspectos, será significativamente distinta a la extensión de la influencia de los componentes previamente analizados. Al respecto, se anticipa que efectivamente, el resultado de la operación de la Planta, tendrá implicaciones significativas en términos de la posibilidad de crecimiento y desarrollo para la región. Por este motivo, es preciso que, en relación a la extensión de la ZE para la caracterización del medio económico, se considere a la región que representa el noroeste del estado de Baja California.



Figura 5, Regionalización del POEBC

En la Figura 5, se presenta la UGA 1.2.Pb.3.4.a3, misma que comprende a la zona conurbada de Playas de Rosarito. Se trata de una zona urbanizada, con características esencialmente uniformes, dentro de la cual podemos anticipar quedará circunscrita la influencia del proyecto en la zona terrestre.

### **Diagnóstico del Sistema Ambiental**

El Sistema Ambiental de Playas de Rosarito presenta 2 caras considerablemente opuestas, una es la que se deriva de su condición como eje estratégico estatal en la disponibilidad de recursos energéticos, y la otra proviene de la capacidad destino turístico. Esta última sin duda, resultado de contar con un frente costero suficientemente atractivo.

En la práctica, aunque Playas de Rosarito es un municipio independiente a Tijuana, urbanísticamente se observa que funciona como apéndice de la conurbación Tijuana, la cual durante los últimos 20 por un proceso de crecimiento acelerado, lo que dio lugar a algunas problemáticas sociales y de equipamiento urbano, ente otras, que tomará algún tiempo acabar de resolver. Playas de Rosarito en particular presenta riesgos por erosión hidráulica, asociados a la forma en que algunas laderas se han poblado. Esto mismo presenta un paisaje en el que el medio natural ha sido erradicado, sin haber pasado por una etapa suburbana. Una considerable fracción de las zonas altas muestran asentamientos continuos, pero la pavimentación y el equipamiento urbano es aún muy pobre en estas zonas.

En el extremo contrario, el medio marino, influido por la imponente energía que el Océano Pacífico presenta en esta zona, exhibe un medio en constante renovación, con aparente riqueza inagotable. En este medio coexisten en estado natural, innumerables especies en una orquestación de servicios naturales de los que se beneficia y depende la zona terrestre regional y de zonas alejadas.

Por lo tanto, se puede sintetizar en que la porción terrestre del SA de la ZE ha sido desprovisto prácticamente en su totalidad de sus características naturales, mientras que



la porción marina presenta una elevada calidad como medio natural, cuya importancia es vital para el ecosistema local, regional y global.

### **Medio marino**

Según la bio regionalización del mundo para áreas costeras y de la plataforma continental, la TNC (The Nature Conservancy) y la WWF (The World Wildlife Fund) generaron una clasificación de acuerdo a un sistema de eco regiones marinas en todo el mundo (MEOW, Marine Ecoregions of the World). Dentro de las regiones marinas de México, se encuentran: la Pacífico templado norte, Pacífico oriental tropical, Atlántico templado norte y Atlántico tropical y dentro de estas regiones hay un total de 11 eco regiones marinas.

El sitio propuesto para el desarrollo del proyecto, se encuentra ubicado en la costa este del Pacífico norte, en el municipio de Rosarito y según la clasificación de la TNC y la WWF, la zona marina de estudio se encuentra clasificada dentro de la Región templada del Pacífico norte, Provincia 11, Eco región 59.

Esta subdivisión en eco regiones ha sido determinada teniendo en cuenta áreas con relativa homogeneidad en la composición de especies tanto de flora como de fauna y que tiene además una dinámica ecológica similar, por otro lado son áreas que comparten condiciones ambientales similares, como afloramientos, aporte de nutrientes, flujos de agua dulce, regímenes de temperatura, sedimentos, corrientes, batimetría o forma de la costa (Spalding et al., 2007).

La clasificación de las Regiones Marinas Prioritarias de México, de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), presenta un mapa del territorio nacional en escala 1:4.000.000, el cual presenta 70 regiones marinas prioritarias para la conservación de la biodiversidad costera y oceánica en México. Para efectos de esta clasificación, la zona de estudio se encuentra dentro de la Región 1, denominada Región Ensenadense, con un área de 27,453 km<sup>2</sup>. Se ubica entre los 32°31'48" y 29°45'36" N y los 117°58'12" y 115°42' W y está considerada como un área de alta biodiversidad y que presentan ciertas amenazas, además es un área que presenta usos diferentes por sectores (Arriaga et al., 2000).

La Región Ensenadense presenta las siguientes características: un clima de semicálido árido a semiárido, veranos secos con lluvias invernales. Temperatura media anual 12-18 °C, con ocurrencia de frentes fríos. Es una zona de matorral, dunas costeras, zonas oceánicas, islas, lagunas, bahías, playas, marismas, acantilados, con aportes de agua dulce por ríos subterráneos y arroyos. Predomina la corriente de California, hay ocurrencia de urgencias estacionales y presencia de oleaje alto. Ocurren mareas rojas, así como procesos de turbulencia, concentración, retención y enriquecimiento de nutrientes, transporte de Ekman. Presencia de "El Niño" Oscilación del Sur (ENOS), sólo cuando el fenómeno es muy severo. Y en cuanto a su diversidad predominan moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, peces, aves, mamíferos, plantas. En esta región hay también endemismo de algunas especies de peces, invertebrados y plantas (Arriaga et al., 2000).

### **Fauna marina**

Para tomar en cuenta a todos los organismos de la trama trófica que pudieran estar presentes en un cuerpo de agua, hay que tener en cuenta que la fauna marina estará compuesta por organismos del zooplancton, del bentos y organismos pelágicos. Por esta razón, a continuación se hace una descripción de los organismos pertenecientes a cada uno de estos grupos.

En la mayoría de los casos se presenta una caracterización para la zona de estudio exclusivamente. Sin embargo para algunos de los grupos se realizó una caracterización de forma regional, debido a que hay algunos datos que no están disponibles para la zona en particular y en este caso, algunos de los grupos de la flora y fauna pueden ser evaluados de tal forma que se tengan en cuenta las características físicas del medio antes mencionadas, por pertenecer a una misma zona geográfica con características similares. Para estos efectos, en algunos de los casos se ha complementado con información de localidades cercanas.

## **Zooplancton**

El zooplancton, es uno de los grupos más importante dentro de la cadena alimentaria, siendo el segundo eslabón de la cadena trófica y debido a que muchos de los organismos que están presentes en otros niveles superiores de la red trófica forman parte del zooplancton en su primer estadio de vida (como larvas) y por lo tanto de su etapa planctónica, dependerá el si llegan o no a formar parte de otros niveles en etapas más avanzadas de desarrollo.

Durante los cruceros del IMECOCAL se han realizado numerosos muestreos de plancton, quienes tienen una red de estaciones desde Punta Baja (30°N) hasta el sur del puerto San Carlos (24°N), al norte de esta área se encuentra el gran remolino ciclónico del Sur de California. Para motivos de este estudio se presentan los datos de zooplancton, referentes a las estaciones ubicadas en la línea de muestreo más al norte de la zona de estudio.

Para el crucero del 2008, los copépodos constituyeron del 48 al 60% de la comunidad del zooplancton, los eufásidos fueron el segundo grupo más abundante (11-17%) excepto en otoño en que fueron sobrepasados por los quetognatos (15%). Estos fueron el tercer taxón más abundante en enero (7%), mientras que en abril y julio lo fueron los sifonóforos (7 y 10% respectivamente). Los tunicados más abundantes fueron las salpas, con un máximo en enero (7%) y un mínimo en julio (1.5%). La abundancia relativa de las apendicularias osciló en un estrecho margen a lo largo del año (2.6-3.8%), mientras que los doliólidos fueron escasos. Los ostrácodos, medusas, pterópodos y anfípodos tuvieron regular importancia, los cuales en conjunto comprendieron entre 5 y 11%. El ictioplancton osciló entre 0.8% (enero y octubre) y 1.6% (abril). Los invertebrados meroplanctónicos más distintivos fueron larvas de cirripedios, estomatópodos, poliquetos, equinodermos y larvas de cefalópodos, que comprendieron un promedio de 0.1 a 0.7% de la abundancia total (Lavaniegos et al., 2010).

En relación a las abundancias se presentan los datos de dos de las estaciones más costeras en la línea de los 30°N, las cuales fueron de 108 y 113  $\mu\text{l m}^{-3}$  (E 100.30 y E 100.45, respectivamente). En la Tabla. 1 se presenta un listado de los grupos de zooplancton reportados para la estación nocturna en la línea del límite norte de muestreo, al norte de la bahía de Todos Santos (Lavaniegos et al., 2010); El orden descendente está dado de acuerdo al dato de la abundancia.

A diferencia de la productividad primaria, el zooplancton se ha estudiado por muchos años y aunque los muestreos no son en el área de interés para este trabajo, dan un estimado de los organismos que podemos encontrar presente en dicho lugar. Es de suma importancia tener un estudio detallado interanual de los cambios que existen en la estructura de la comunidad planctónica por su importancia ecológica, biológica y económica que representa por ser una zona de alta productividad por las urgencias que se presentan en la zona.

Para la bahía de Todos Santos, los grupos taxonómicos más dominantes reportados a lo largo de un ciclo anual, en abundancia relativa fueron los copépodos calanoides (56%),

seguido de los quetognatos (7.5%) y las larvas de eufásidos (7.2%) (Castro y Hamman, 1989). En otro estudio de zooplancton suprabentónico el orden en abundancia relativa fue crustáceos (48.7%), seguido de los quetognatos (44%) (Alfonso-Hernández et al 1987). En la Tabla 1 se presenta un listado de los grupos de zooplancton reportados para la bahía de Todos Santos, estación nocturna 100.45 (Castro y Hamman, 1989; Jiménez-Pérez, 1989 y Alfonso- Hernández et al., 1987).

**Tabla. 1. Grupos Taxonómicos de Zooplancton Reportados**

1. Medusae	7. Polychaeta	13. Euphausiacea	19. Salpida
2. Siphonophora	8. Cladocera	14. Decapoda	20. Polychaeta larvae
3. Ctenophora	9. Ostracoda	15. Stomatopoda	21. Cirripedia larvae
4. Pteropoda	10. Copepoda	16. Chaetognata	22. Invertebrate larvae
5. Heteropoda	11. Amphipoda	17. Appendicularia	23. Pisces larvae
6. Cephalopoda	12. Mysidacea	18. Doliolida	24. Pisces ova

## PECES

Entre los estudios de ictiofauna, se encuentra el de Escobar-Fernández y Arenilla- Cuétara (1987), aunque las abundancias pueden haber variado con los años (como el caso de la sardina y la anchoveta), reportan como las especies más representativas de la parte noroccidental de la península de California a la sardina (*Sardinops sagax*), la anchoveta (*Engraulis mordax*), el atún aleta azul (*Thunnus thynnus*), el lenguado (*Paralichthys californicas*), la curvina (*Cynoscion parvipinnis*) y la mojarra (*Lepomis megalotis*). Existe un estudio muy completo de los peces pelágicos y bentónicos de la bahía de Todos Santos donde se han registrado una gran variedad de especies, tanto de importancia ecológica como económica, dentro de las cuales hay especies que son capturadas por su importancia comercial y otras por la pesca recreativa.

## BENTOS

Los organismos del bentos son de gran importancia, tanto ecológica como comercial en esta zona. En la costa noroccidental de Baja California se han hecho varios estudios de la fauna bentónica, dada su importancia como bioindicadores de cambios o perturbaciones en el medio. Por esta razón, las comunidades bentónicas son consideradas un reflejo de las condiciones oceanográficas generales.

La zona intermareal, es la zona que a lo largo de la línea de costa queda al descubierto cuando sube y baja la marea. Dentro de esta zona se puede diferenciar entre el supralitoral (zona de salpicadura, hasta la línea de marea más alta), el mesolitoral (de la línea media de pleamar hasta la línea media de baja mar) y por último el infralitoral o sublitoral (zona sumergida, debajo de la línea de marea baja). Entre los estudios que describen la infauna de la zona intermareal, más específicamente de playas arenosas, se encuentra el trabajo de López-Uriarte (1994) quien estudió la composición y abundancia de la infauna intermareal de dos playas arenosas adyacentes (Punta Cabras), y el de Velásquez-González (2003) donde se describe la abundancia de los anfípodos *Orchestoidea corniculata* y *O. californica* en relación con los cúmulos de macroalgas como un presunto factor de heterogeneidad espacial en dos playas arenosas.

En una zona cercana al emisor de la planta termoeléctrica, en Rosarito, la cual descarga a los 0 m, donde el agua tiene una temperatura de 8 a 10 °C mayor que la de entrada, Serrano-López, (2000) reporta datos de asociaciones faunísticas, dividiendo la zona marina

en inshore, midshore y offshore (desde la línea de costa hasta los 30 m, 30-70 m y 70-200 m, respectivamente). En la zona más alejada, se reporta la presencia del poliqueto de género *Mediomastus* (indicador de fondos cercanos a emisores de plantas de tratamiento) y un gasterópodo de género *Caecum*. En la zona media, *Mediomastus*, *Prinospio*, *Amphiodia* (equinodermo, indicador de aguas limpias, primer en desaparecer al afectarse los fondos), *Parvilucina* (almeja, propia de fondos moderadamente afectados por plantas de tratamiento), *Dendraster* (galleta de mar) y *Caecum*. Por último, en la zona más cercana a la playa se reportan organismos del género *Tellina* (molusco), *Leitoscoloplos-Chaetozone* (poliquetos), *Ophelia-Dendraster*, *Diastylopsis* (cumaceo), *Caecum* y *Mediomastus*.

En 1990, la campaña ECOBAC III-0690 (Estudios de contaminación en Baja California) se tomó muestras en 42 estaciones entre los 31 30' N y 32 45' N, dentro de la zona de 8-10 km de ancho a partir de la línea de costa. Dentro de este estudio, Pérez- Peña (1994) estudio el sistema bentónico sublitoral y presenta datos para dos estaciones frente a las costas de Rosarito, la estaciones 23 y 24 (41 m y 16 m de profundidad, respectivamente). La estación cercana a la costa presento un menor número de especies pero un mayor número de organismos (50 sp, 238 individuos), mientras en la estación más alejada se encontró lo contrario (54 sp, 170 individuos). En la estación cercana a la costa, las especies más abundantes fueron dos anfípodos de la familia Ampeliscidae (*Ampelisca cristata* y *Ampelisca agassizi*) y generando ciertas asociaciones con otro estudio dada la presencia continua de determinada especie dentro de los 10 primeros lugares en orden de abundancia, se encontró que la zona cercana a la costa se caracteriza por la presencia del poliqueto *Mediomastus sp.*, *Leitoscoloplos puggetensis* y *Chaetozone setosa* (correspondiendo a un sustrato tipo arena), mientras la zona más alejada caracteriza únicamente por la presencia de *Mediomastus sp.* (Correspondiendo a un sustrato tipo lodo) (Pérez-Peña, 1994).

En las comunidades bentónicas marinas los erizos de mar juegan un papel muy importante, por ser eficientes consumidores de algas y presas de varios organismos como langostas, estrellas y peces, siendo también un recurso pesquero valioso económicamente en muchas partes del mundo (Andrew et al., 2002). El erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* habita en la zona submareal con fondos rocosos, comúnmente asociados a la comunidad de los mantos de *Macrocystis pyrifera*, entre los 3 y 50 m de profundidad. Popotla es una de las 26 localidades más importantes donde se captura erizo rojo en Baja California, sin embargo, en el 2007 se registró una drástica caída de 95 t a 6 t. La densidad disminuyó posiblemente en respuesta a la alta intensidad de pesca ya que recientemente operan más de 40 equipos de pesca (Palleiro-Nayar, 2009). Si bien en las costas de Baja California existen algunas especies de infauna bentónica, que se han reportado como endémicas, ninguna ha sido considerada así por la NOM-059-SEMARNAT-2011

## PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

De la totalidad de impactos identificados explicados en el Capítulo V, serán solo aquellos que únicamente pueden ser mitigados, los que determinen la huella ambiental del proyecto, a continuación se presenta una discusión de los impactos no prevenibles, y que por lo tanto tendrán algún efecto residuales en el medio, se presentan agrupados de forma a facilitar la comprensión de su trascendencia:

A) Durante la construcción, los siguientes impactos podrán solo mitigarse:

- Emisión de los siguientes contaminantes atmosféricos:
- COV's por el uso de solventes y pinturas durante la aplicación de acabados y recubrimientos
- PST durante las actividades de movimiento, y almacén de material terrígeno

- PST durante las actividades de transporte de materiales y equipo a la construcción
- Gases de combustión por el uso de maquinaria pesada que consume diesel
- Emisión de ruido durante la construcción: No está claramente definido el nivel de control reglamentario de ninguno de estos impactos, pero sin duda se pueden controlar y monitorear los puntos de generación, y así asegurar que sus efectos sean mínimos, que las alteraciones sean insignificantes, que tengan corta temporalidad, muy baja extensión, o que no afecten a la calidad de vida en el vecindario. Estos impactos cesarán cuando se concluya la construcción de la planta.

B) Como resultado del desarrollo del proyecto, el siguiente impacto será inevitable.

- Alteración del paisaje: El promovente se ha comprometido a asegurar que las instalaciones se diseñen buscando incorporar elementos arquitectónicos, que aun siendo de carácter industrial, logren una aportación estéticamente positiva para el paisaje local

C) Durante la operación de la planta, los impactos negativos al medio terrestre que no podrán ser prevenidos o evitados son los siguientes:

- Ruido generado por:
  - Los trabajos de mantenimiento de la planta
  - La operación de algunos equipos de la planta
  - Emisión de los siguientes contaminantes atmosféricos: COV's por el uso de solventes y pinturas en tareas de mantenimiento

La emisión de ruido ambiental en cualquier caso debe ser mitigada a manera de cumplir con el reglamento en la materia, los límites de emisión para el horario nocturno han sido considerados como la especificación a la que se debe sujetar el diseño de las instalaciones, por lo que con certeza se espera que, aunque la planta produzca ruido, esta cumplirá con los valores normados.

Con relación al uso de solventes y pinturas en las tareas de mantenimiento de las instalaciones, y siendo que la medida de mitigación tendrá por objeto asegurar que únicamente se utilicen compuestos que han sido autorizados para los usos particulares y que su aplicación se debe sujetar a las especificaciones definidas por el fabricante, se puede acertar que la afectación ambiental será limitada y no serán registrados sus efectos en el límite de las propiedad.

D) En la etapa de operación, se identificó la posibilidad de que ocurra el siguiente impacto al medio marino como resultado de la toma de agua de mar para el proceso de desalación:

- Afectación a la comunidad zooplanctónica y fitoplanctónica

Este es un impacto intrínseco a la naturaleza del proyecto, que no puede ser eliminado. Si se va a desalar agua de mar, el contenido biótico del agua alimentada al proceso perecerá inevitablemente. De acuerdo con la proyección del volumen de biomasa que resultará afectada, este no causará una alteración sustantiva ni medible, en la productividad primaria o secundaria de la zona. Se tiene proyectado evaluar periódicamente el estado del medio para confirmar esta situación.

E) También en la etapa de operación, se identificó la posibilidad del siguiente conjunto de impactos al medio marino, todo resultado de la descarga de salmuera que será generada por el proceso de desalación:

- Aumento de la salinidad en la zona de dispersión de la descarga
- Como resultado del aumento de la salinidad en esa zona, afectación a:
  - o La comunidad fito y zooplanctónica
  - o La comunidad bentónica
  - o La comunidad pelágicas

Ninguno de estos impactos es aceptable, y por ello el esfuerzo se destinará en realizar los estudios que permitan tener una clara visión del estado del medio marino, con respecto a estas comunidades, a manera de que se pueda advertir con la suficiente anticipación, si la operación de la planta las está amenazando. Bajo esta premisa, y para los efectos del resto de esta discusión, se asume que estos impactos son parte del pronóstico del escenario alterado.

### **Pronóstico del Escenario alterado**

Se puede visualizar el escenario que resultante de la realización del proyecto de la siguiente manera:

En el medio terrestre, la planta desalinizadora se presentará como una instalación industrial, apéndice amistoso de la central termoeléctrica de la CFE, y de las instalaciones de PEMEX. Insertada en la interface con la zona urbana que continua al sur con las instalaciones turísticas. Los visitantes ocasionales y frecuentes solo sabrán por casualidad de la existencia de la planta desalinizadora ya que su ubicación le hará muy difícil el que pueda ser advertida por otros que no sean los vecinos cuyas propiedades colindan con el predio de la planta. Su oculta localización, adyacente además a la propiedad de la CFE, no es la única circunstancia que dificultará que sea advertida para los visitantes e incluso por la población local, pero es importante notar que será una instalación con muy baja presencia por el mínimo número de empleados que tendrá, el poco movimiento de vehículos de carga, y la práctica ausencia de emisiones atmosféricas.

En el medio marino, específicamente en el punto de la playa en que está proyectado que la descarga de la salmuera entre contacto con el mar, el escenario alterado será sustancialmente distinto en términos fisicoquímicos al actual. El mar típicamente presenta una salinidad constante que en condiciones normales oscila hasta  $\pm 1\%$  alrededor de 34,400 ppm. La salmuera, mezclada en el canal de descarga con el agua de enfriamiento de la CFE, impactará al medio con un flujo que oscilará entre 6.4 y 9.7 m<sup>3</sup>/s, con una concentración de sal de entre 39,700 a 57,800 ppm, o de 5,300 a 23,400 ppm por encima de la concentración normal del medio, éste será un choque, catalizado por la energía del oleaje en la zona intermareal, lo que rápidamente producirá una mezcla turbulenta que dará lugar a una zona, o franja de aproximadamente 80 metros de largo por 7 metros de ancho, en la que la concentración salina se reducirá hasta valores de alrededor de 39,000 ppm. En este primer segmento de la pluma de dispersión, la salinidad será elevada para el desarrollo normal de la biota de la zona. Al respecto se debe subrayar que la franja con salinidad elevada se mantendrá constantemente cambiando su trayecto por causa de la misma energía del mar, por lo que es correcto aseverar que la pluma de dispersión es un abanico de trazos y direcciones con probabilidades asociadas al patrón de dirección de corriente, mareas y oleaje. En cualquier caso, este abanico con radio de 80 m a partir del punto de la descarga, significará una distribución de probabilidades para el medio, de enfrentar concentraciones de sal elevadas, dando lugar a algún grado de afectación en sus poblaciones de bentos. Más adelante en el avance de la pluma de dispersión, la salinidad continuará disminuyendo, habiendo dos circunstancias por observar, la primera es que, aunque la salinidad continuará siendo mayor a la del medio natural, el diferencial será tal que, en particular ocurriendo durante espacios de tiempo en el rango de unas cuantas horas, se anticipa que se observarán si acaso, impacto sutiles, e incluso imposibles

de advertir. El segundo es que, aun en el bentos, donde la movilidad de los organismos es mucho más baja que en la columna de agua, la energía que es común en la playa de Rosarito, mantendrá un renovación de las poblaciones acentuadas en la superficie, no así en el intersticio, donde los mecanismos físicos para el transporte de la salinidad impiden que ocurra una penetración inmediata. En síntesis, fuera del abanico (80 m) inmediato al punto de descarga, no se espera que ocurra alteraciones observables en el medio marino. Pero será indispensable observar esta situación. En el abanico o zona cercana, para observar las alteraciones, será necesario realizar muestreos del bentos con sus análisis respectivos de poblaciones, siendo posible que se adviertan algunas alteraciones hacia poblaciones que reflejen el efecto selectivo a que la salinidad dará lugar.

El tercer aspecto del escenario alterado corresponde al conjunto de efectos que la disponibilidad de una nueva fuente de agua dulce tendrá para la región. La disponibilidad del volumen de agua que este proyecto propone hacer disponible, alterará las posibilidades que existen en la actualidad para lograr el desarrollo que están exigiendo las nuevas generaciones.

En síntesis, este proyecto requiere de una administración ambiental rigurosa, pero su realización solucionará una variedad de problemas sociales, económicos y de administración del agua en la región.

### **Programa de Vigilancia Ambiental**

Para la administración ambiental del proyecto, se propone la implementación de tres programas o estrategias para el manejo ambiental del proyecto. Estas estrategias son:

- El Programa de Protección Ambiental para la Etapa de la Construcción (PPAEC)
- El Programa de Administración Ambiental para la Etapa de Operación (PAAEO)
- El Programa de Monitoreo Ambiental del Medio Marino (PMAMM)

Como parte de los dos primeros programas, se integrará un conjunto de especificaciones para la realización de auditorías continuas de desempeño ambiental, que deberán ser realizadas por tercerías, y que tendrán el propósito de confirmar que la administración del proyecto primero y de la operación de la planta desalinizadora después, mantienen un estrecho compromiso con los objetivos ambientales.

En el caso del PMAMM, su seguimiento puntal es esencial para poder asegurar que la concepción del proyecto se ajusta al planteamiento de su impacto ambiental.

En el Capítulo VI se presenta una descripción extensa de las especificaciones de estos tres programas.

### **Conclusiones**

En la actualidad hay importantes proyectos para la construcción de parques industriales, y desarrollos habitacionales, los cuales han sido clasificados sin factibilidad para su desarrollo por la incapacidad que la CESPT enfrenta para comprometer la entrega del agua que demandan. La presión que el desarrollo ha impuesto sobre los limitados recursos hídricos disponibles, ha dado lugar a que en esta región se paguen los precios por agua más elevados en el contexto mundial.

Actualmente la región y grandes segmentos de la economía mundial, están aún batallando para dejar atrás una de las recesiones más profundas de los últimos 100 años, la zona fronteriza de Baja California resintió este importante evento económica en forma muy dolorosa. En preparación a la siguiente ola de desarrollo económico, es vital que Baja California esté preparada para abordarla.

Este proyecto apunta a la solución de lo que es probablemente el problema más grande que tiene la región para dar cabida al desarrollo económico que exige la sociedad. Por años se anticipado que el futuro implicaba la desalinización de agua de mar, el futuro hasta ahora en nuestro presente, el compromiso ahora es elevarnos a la altura que implica el desarrollo de este proyecto en forma que se inserte correctamente a su entorno.