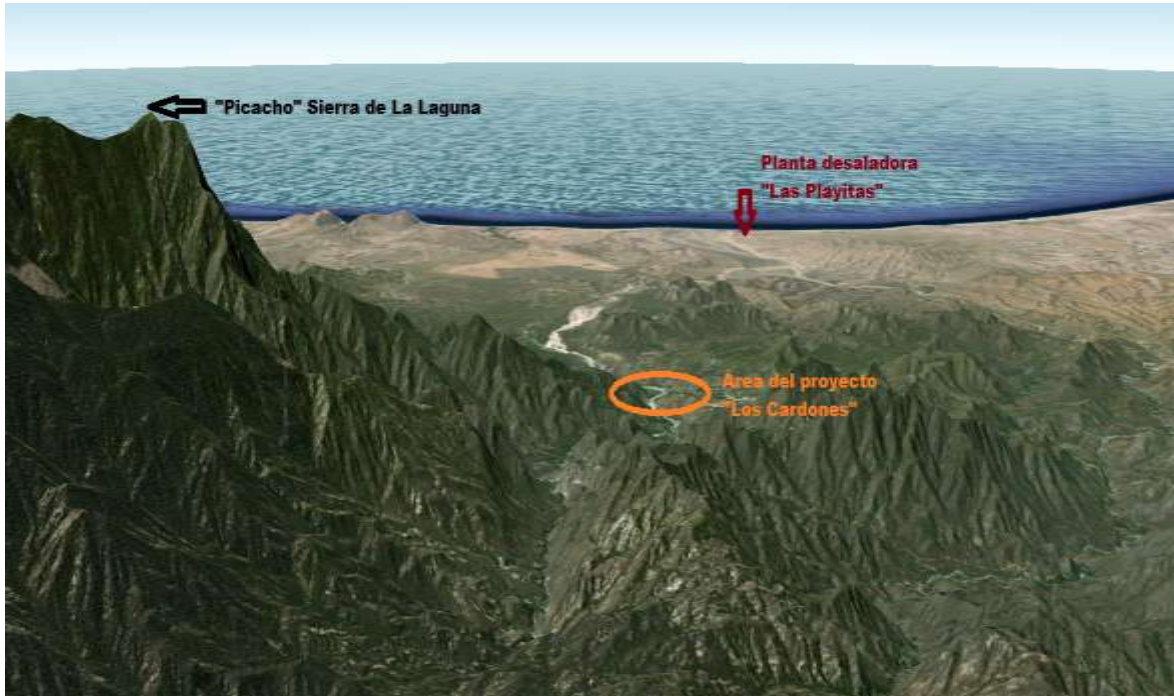


**REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LOS POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES QUE TRAERÍA CONSIGO LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALINIZADORA O DESALADORA DE 7,500 m<sup>3</sup>/día EN EL SITIO CONOCIDO COMO “LAS PLAYITAS”, DELEGACIÓN DE TODOS SANTOS, MPIO. DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR.**



**Autores**

**Mario Alberto Rodríguez Rodríguez<sup>1</sup>, Sergio Zamora Salgado<sup>2</sup> y Nicolás Ortíz Cano<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> MAR<sup>2</sup>. Consultores Ambientales, <sup>2</sup> UABCS

**Enero de 2014**

**REVISIÓN y ACTUALIZACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DE LOS POSIBLES EFECTOS AMBIENTALES QUE TRAERÍA CONSIGO LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DESALINIZADORA O DESALADORA DE 7,500 m<sup>3</sup>/día EN EL SITIO CONOCIDO COMO “LAS PLAYITAS”, MPIO. DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR.**

### **Alcances del trabajo**

Este trabajo consiste en la revisión y actualización de un diagnóstico de los posibles efectos ambientales que traería consigo la instalación de una planta desalinizadora o desaladora de 7,500 m<sup>3</sup>/día que pretende instalarse en “Las Playitas”, Delegación de Todos Santos, Mpio. de La Paz, Baja California Sur. Para lograrlo es necesario tomar como referencia el documento original elaborado en junio del año 2011 denominado **Diagnóstico de los posibles efectos ambientales que traería consigo la instalación de una planta desaladora o desalinizadora de 7,500 m<sup>3</sup>/día en el sitio conocido como “Las Playitas”, Mpio. de La Paz, Baja California Sur.**

Durante el trabajo inicial para abordar el análisis de los efectos adversos al ambiente que pueden presentarse en la zona de influencia del proyecto de la planta desaladora o desalinizadora que se pretende instalar en la zona costera de la Subdelegación de “Las Playitas”, fue necesario conocer las dimensiones y características de las obras a realizar, para ello se analizó el documento **“Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas”**, presentado por la empresa minera “Vista Gold”, enmarcado este dentro del proyecto minero Paredones Amarillos, después denominado “Concordia” y ahora “Los Cardones”. La nueva propuesta de instalación de la planta desaladora podrá abastecer de agua al proyecto minero **“Los Cardones”**, promovido por la empresa minera **Desarrollos Zapal, S.A. de C.V.** Para el nuevo análisis a realizar se ha tomado en cuenta la información contenida en la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”**, información que deberá ser cotejada con la contenida en el **“Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de**

**Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas**”, presentada por la empresa minera “Vista Gold”, enmarcado este dentro del proyecto minero denominado “Concordia”. Una vez cotejada se procedió a realizar un análisis diferenciado entre cada uno de los documentos. En forma simultánea se hará una búsquedas en internet de proyectos similares y sus efectos en el medio ambiente, así como la revisión de algunos estudios de referencia elaborados por la propia empresa, tales como la Manifestación de Impacto Ambiental, Modalidad Intermedia, presentada para el Proyecto Minero Metalúrgico “Los Cardones”, así como el estudio relacionado con el Pronóstico de Escenarios Bajo Condiciones Hidrometeorológicas Adversas y de Contaminación en la Presa de Jales en la Cuenca la Muela del Proyecto Minero “Paredones Amarillos”, elaborado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Es importante señalar que información técnica que podría ser importante para evaluar los efectos ambientales del proyecto en su conjunto se encuentra en poder de la empresa o bien anexados a cada uno de los documentos sujetos a evaluación de impacto ambiental por las autoridades competentes, sin embargo estos no se encuentran disponibles para su consulta, lo que da como resultado que cualquier análisis que se pretenda realizar puede resultar incompleto o sesgado.

Finalmente se decidió analizar los impactos que pudiera generar este proyecto en dos vertientes, una de ellas correspondiente al medio marino y la otra en los ecosistemas terrestres presentes en la zona del proyecto. Este análisis implica no solamente el impacto que pudiera ocasionar el proyecto de la planta desaladora sobre el ambiente, sino también lo que pudiera ocurrir en el área de estudio de presentarse un accidente de derrame de contaminantes en la zona de la mina.

En la primera parte del estudio se hace un análisis comparativo de los principales elementos del proyecto contenidos en el **Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas** y la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”**, así como lo mencionado en el nuevo documento que ha sido presentado para su evaluación en materia ambiental

**Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”.** Los principales elementos identificados en cada uno de estos documentos podrán tener relevancia para el análisis de la información de los impactos, tanto en el ambiente marino, como terrestre. Posteriormente se realiza un análisis de la información contenida, anexando la información obtenida en campo a través de los muestreos y análisis comparativo de los parámetros químicos (junio 2011 y noviembre 2013) de 10 pozos de agua que se ubican en el área de influencia al proyecto de planta desaladora.

**Aspectos relevantes relacionados con el ambiente marino contenidos en los documento sujeto a análisis; Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”; y Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas.**

**Ambos documentos señalan que:**

- Los resultados del modelo de difusión de la descarga de salmuera y las condiciones hidrodinámicas de la zona, determinan que el punto de descarga se ubicará a una distancia de **500 metros de la línea de costa**, la tubería sería de polietileno de alta densidad de 16” de diámetro, la cual conduciría el agua de rechazo (salmuera) de la planta desaladora, así como las aguas residuales sanitarias y domésticas del campamento en donde se alojarían los trabajadores. Según los resultados del modelo de difusión de la salmuera, **el radio máximo de influencia que han determinado es de 125 m**, lo que significa que en el peor de los casos el limite exterior de la zona de influencia estará a 375 metros de la línea de costa, es decir, suficientemente lejos de la playa, por lo que ésta no se verá afectada.
- Esta tubería iría sumergida a **15 metros de profundidad y anclada al fondo marino**, en su extremo se conectarían 6 difusores en forma de “T”, separados 5 m. uno de otro, hechos de polietileno de alta densidad de 4” de diámetro y dos metros de altura, por lo tanto, la descarga de los difusores lo harían a **13 metros de profundidad.**

- La salinidad varía poco durante el año, dentro de un rango de 0.5 Practical Salinity Units (PSU por sus siglas en inglés), presentando su mínimo valor en mayo (34.2 PSU) y su máximo en octubre (34.7 PSU). Varía muy poco entre la superficie y el fondo, apenas 0.05 en el verano en que su gradiente vertical es máximo.
- Las observaciones de deriva de barcos muestran que en la zona de estudio la corriente durante primavera e invierno se dirige al sureste con magnitudes entre 0.1 y 0.3 m/s, mientras que durante verano y otoño el flujo es en sentido opuesto, dirigiéndose al noroeste, con magnitudes entre 0.05 y 0.15 m/s.
- Los resultados indican que el 23 de mayo las corrientes en la superficie y a 10 m de profundidad se dirigen al sureste, paralelas a la costa, con magnitudes promedio de 0.35 m/s en la superficie y 0.25 m/s a 10 m de profundidad. La información muestra que las magnitudes esperadas son de 0.1 a 0.5 m/s en condiciones normales y éstas podrían incrementarse a valores de 0.75 a 1 m/s durante eventos extremos como el paso de ciclones tropicales por la zona.
- Durante la campaña de mediciones del día 27 de agosto las corrientes en la superficie y a 10 m. de profundidad se dirigen al nor-noroeste y norte, con magnitudes promedio de 0.30 m/s en la superficie y a 10 m. de profundidad.
- Durante la campaña de medición realizada el 28 de agosto las trayectorias en la superficie y a 10 m. de profundidad inician hacia al noroeste, paralelas a la costa y viran después al sureste con magnitudes promedio de 0.15 m/s en la superficie y a 10 m. de profundidad.
- En el **Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas**, se menciona que el gasto máximo de operación de aguas de rechazo (salmuera) será de 478.75 m<sup>3</sup>/h (11,490 m<sup>3</sup>/día) a este volumen se incorporarían cada dos semanas, por un período de tiempo de 2 horas, una descarga adicional de 475 m<sup>3</sup>/h (950 m<sup>3</sup>/2 semanas). Estas aguas adicionales serían producto del retrolavado de la planta y sus tuberías, en total se tendrían una descarga mensual, incluyendo las aguas de retrolavado de **346,600 m<sup>3</sup>/mes, tomando**

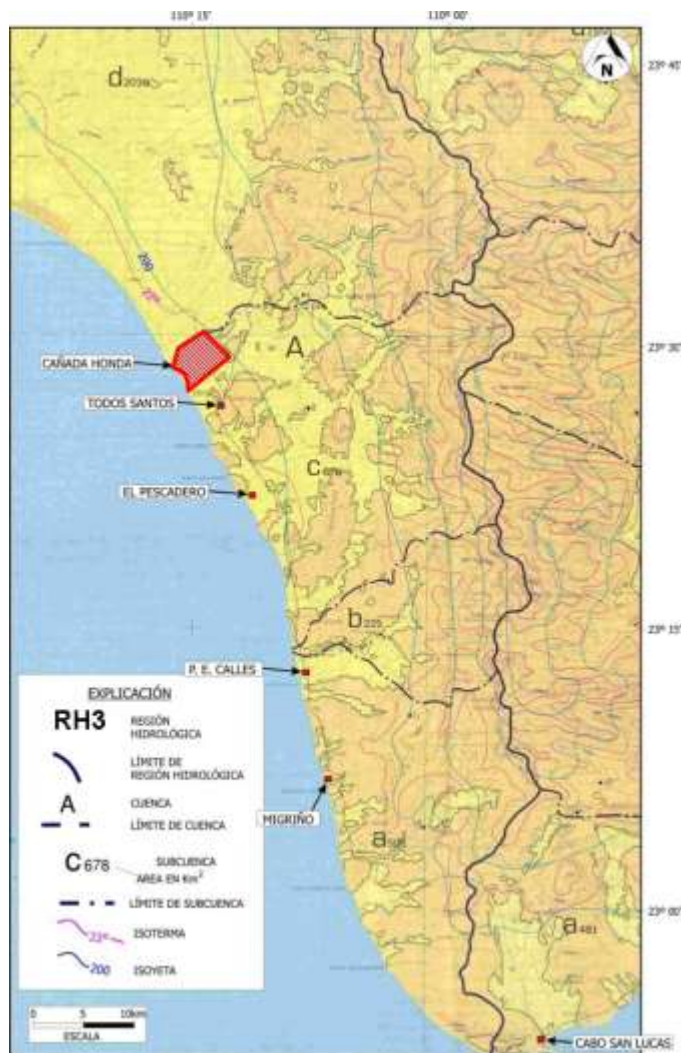
al mes como de 30 días. Por otra parte en la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”**, se menciona que el bombeo de agua de los cuatro pozos playeros será de 744 m<sup>3</sup>/hora para la producción de 7,500 m<sup>3</sup>/día de agua requerida para el proyecto, con ello se estarían bombeando de los pozos playeros 17,856 m<sup>3</sup>/día, rechazando en forma de salmuera hacia el mar 431.55 m<sup>3</sup>/hora lo que representan 12,946.5 m<sup>3</sup>/día de agua de rechazo, lo que representa una diferencia en el agua de rechazo entre un documento y otro de 1,456.5 m<sup>3</sup>/día.

- Las aguas residuales serían tratadas mediante un biodigestor con capacidad de 500 lts, que daría servicio a 10 operadores de la planta desaladora. Posteriormente se pasarían las aguas a un sistema de desinfección mediante el uso de hipoclorito de sodio (cloro) y de ahí a un sistema del tipo “wetland”, para de ahí ser transportadas las aguas residuales a la tubería de rechazo de la planta desaladora. El volumen diario de descarga será de 1.56 m<sup>3</sup>, aunado este afluente, al agua producto del lavado de los equipos con concentraciones de químicos supuestamente “neutralizados” en un volumen de 40 m<sup>3</sup>/6 meses.
- Para el diseño de la planta desaladora no se tomaron en cuenta los parámetros de los análisis de agua que podría ser extraída en cada uno de los cinco pozos que abastecerían a la planta, debido a que de acuerdo a la información de los documentos presentados, esos datos se tendrán una vez se abran los primeros pozos, sin embargo toman como referencia una salinidad de agua de mar estándar de 32,000 ppm de salinidad. Por lo tanto, mencionan que los parámetros de diseño finales se harán una vez que se cuente con la información. En la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”**, se hace referencia a un análisis de la calidad de agua efectuado en el sitio en el que se efectuarán las perforaciones de los pozos playeros, sin embargo este es parcial y no refleja en su totalidad los elementos químicos y sus concentraciones presentes en el agua que pretende ser extraída.

- Para evitar el flujo de microorganismos al sistema de desalación, antes de entrar al sistema, se inyectará hipoclorito de sodio (cloro) en una dosificación de  $0.05/m^3/h$ , aproximadamente se usará un volumen por día de 1,200 l. de cloro.

**Aspectos relevantes contenidos en los documentos sujetos a análisis, relacionado con el ambiente terrestre; Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”; y Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas.**

- La zona se encuentra alejada 10 km del centro de población más cercano de (Todos Santos), por lo que la ubicación de la planta desalinizadora no entra en conflicto con el desarrollo otras actividades productivas.
- Actualmente el sitio del proyecto no tiene un uso aparente. De acuerdo con la carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, el suelo se presenta sin erosión apreciable y se encuentra cubierto por matorral sarcocaulé de fisonomía subinerme, para el cual no aplica ningún tipo de cultivo ya sea primario, secundario o terciario, aunque en las zonas circundantes al predio se observan parcelas de cultivo por riego.
- La zona de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica RH3 (Baja California Suroeste). Forma parte de la Cuenca “A”, correspondiente a la vertiente hacia el Océano Pacífico, la cual se divide en Subcuenca “c” con 678 km<sup>2</sup> de área de captación, donde se encuentran los acuíferos de Cañada Honda, Todos Santos y El Pescadero (Figura 1).

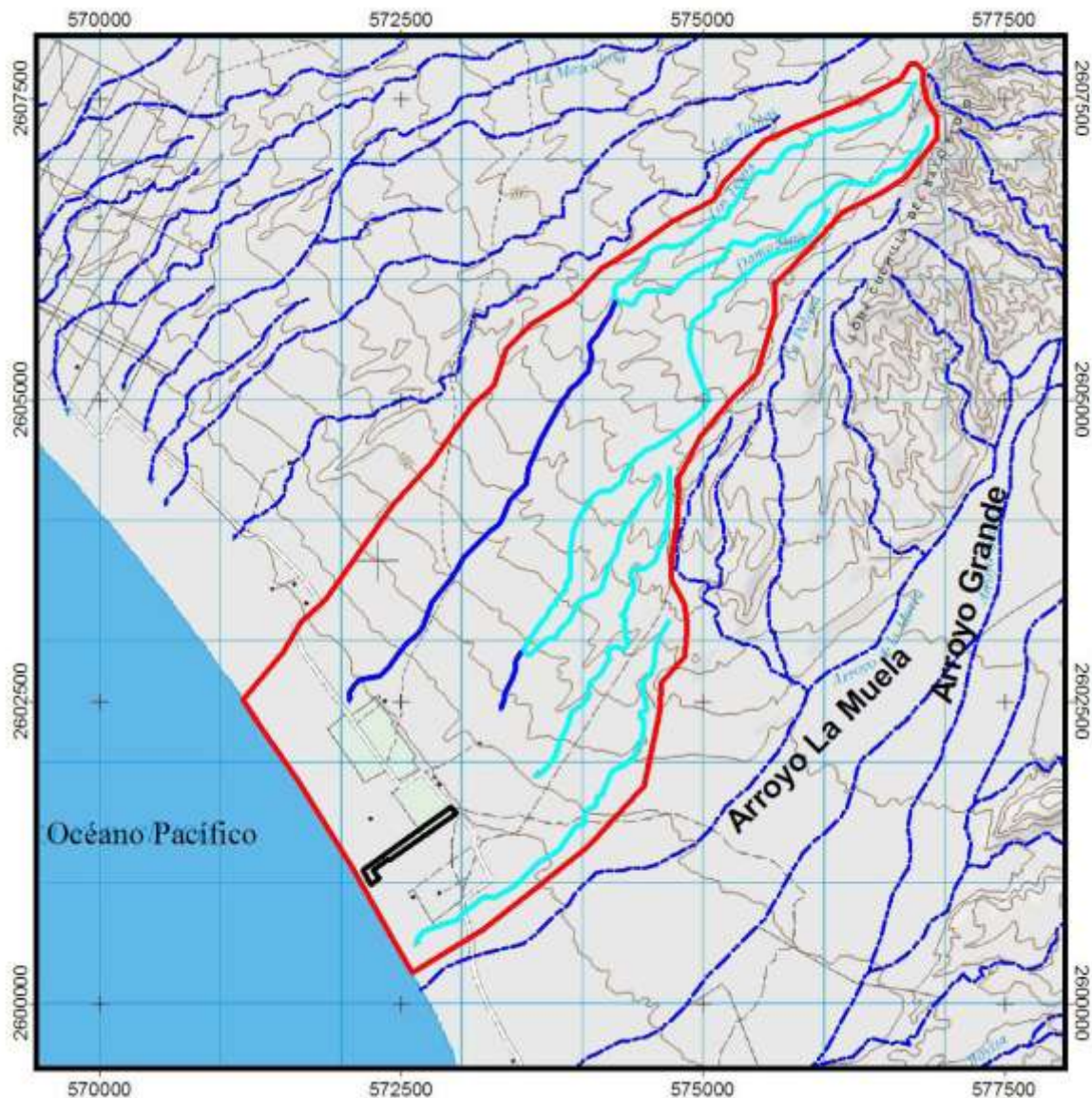


**Figura 1.-** Límites de la Región Hidrológica RH3 y los límites de las cuencas que conforman esta región. El polígono en rojo indica la ubicación regional del área de estudio (Modificado de la Carta Hidrológica San José del Cabo F12-2-3-5, escala 1: 250 000, editada por INEGI, 1984). Fuente: Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora “Las Playitas”. VITLIQ S. A. de C. V. 2011.

- La red de drenaje, que es formada por los escurrimientos superficiales, está delimitada por una micro cuenca que cubre un área de 15.3 km<sup>2</sup>. Por sus dimensiones, ésta micro cuenca se considera como una cuenca muy pequeña (< 25 km<sup>2</sup>) y de forma alargada. Los escurrimientos superficiales son de tipo efímero, solo conduce agua durante las lluvias o inmediatamente después de estas.



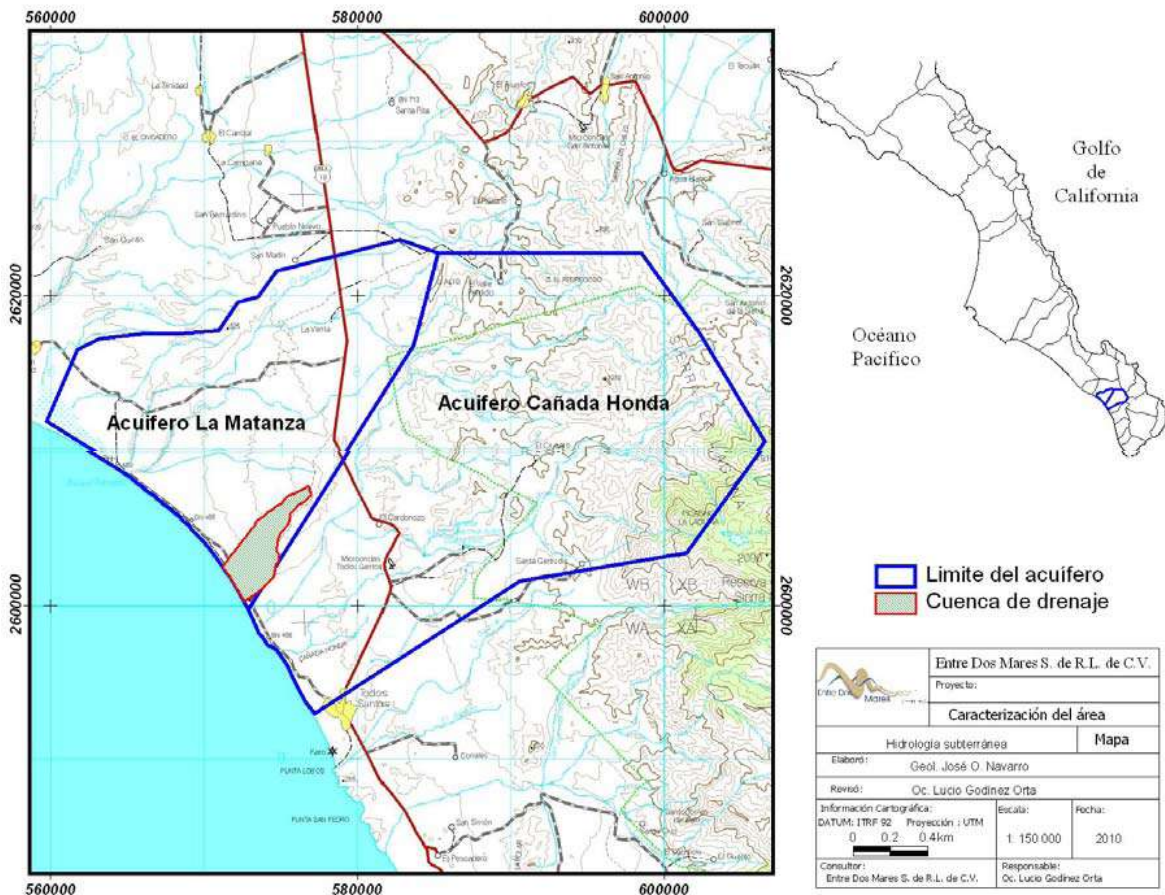
- El área de estudio se localiza entre los límites de los polígonos de los acuíferos La Matanza y Cañada Honda, de acuerdo con lo publicado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el 2009 (Figuras 2 y 3). Estos acuíferos son de tipo libre costero y están constituidos por sedimentos aluviales depositados tanto en los subálveos de los arroyos como en la planicie costera. La granulometría de estos materiales varía de gravas a arcillas y su espesor promedio fluctúa entre 10 y 60 m, conformando un acuífero de dimensiones reducidas y poca capacidad de almacenamiento. La permeabilidad de ambos acuíferos es de media a baja, esto depende del contenido de sedimentos arcillosos.



- LEYENDA**
- Microcuenca de drenaje
  - Poligono general del proyecto
  - Red de drenaje
  - Ordenes de corrientes:
  - Primer orden
  - Segundo orden

Entre Dos Mares S. de R.L. de C.V.			
Proyecto:			
<b>Caracterización del área</b>			
Hidrología superficial		Mapa	
Elaboró: Geol. José O. Navarro			
Revisó: Dc. Lucio Godínez Orta			
Información Cartográfica:		Escala:	Fecha:
DATUM: ITRF 92 - Proyección: UTM		1: 40 000	2010
Consultor: Entre Dos Mares S. de R.L. de C.V.		Responsable: Dc. Lucio Godínez Orta	

**Figura 2.-** Hidrología superficial de la zona de influencia al proyecto. Fuente: Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora “Las Playitas”. VITLIQ S. A. de C. V. 2011.



**Figura 3.-** Se ilustran los límites de los acuíferos La Matanza y Cañada Honda, así como la microcuenca de drenaje dentro de la que se ubica el proyecto. Fuente: Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora “Las Playitas”. VITLIQ S. A. de C. V. 2011.

- Con el propósito de conocer las características subterráneas del sitio donde se pretenden perforar los pozos de producción, la empresa GEOEX, S.A. de C.V., realizó un estudio geofísico (anexo 4). En dicho estudio se concluye que el terreno está conformado por dos plataformas, la primera corresponde a los depósitos de playa y la segunda a depósitos de acumulación fluvial ubicadas tierras adentro.
- En el sondeo eléctrico vertical (SEV-1) se alcanzó una profundidad de 20 m, diferenciándose una capa de 3 a 4 m de espesor, conformada por paquetes de sedimentos arenosos cuarcíferos sin saturación. A profundidad se observan materiales clásticos y sedimentos porosos, en donde se alcanzan valores de resistividad del orden de 0.5 a 2 OHMS/m, que

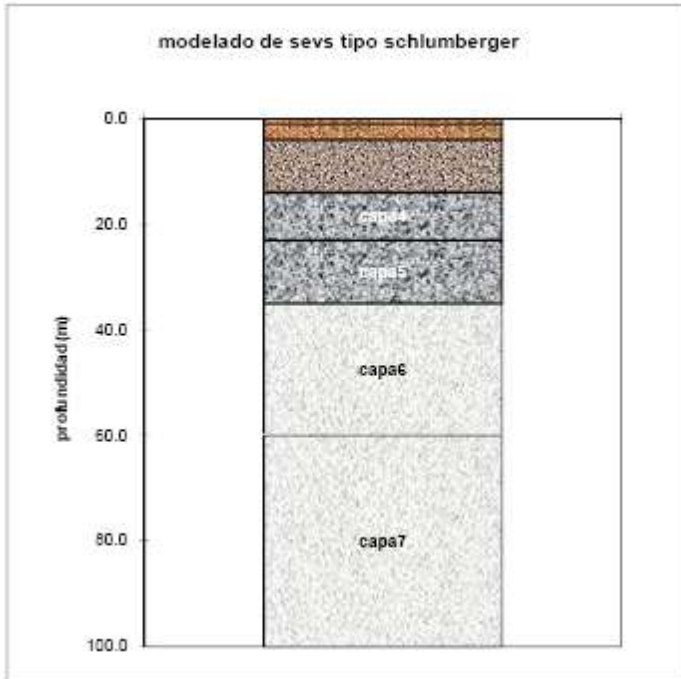
constituyen valores plenamente representativos de zonas acuíferas saturadas con fluido salino. Al ampliar la distancia entre los dipolos a 20 m, se obtuvo una profundidad de penetración de 40 m, perfilándose una continuidad en el cuerpo saturado hasta dicha profundidad.

- En el Sondeo Eléctrico Vertical (SEV-2), el modelo de resistividades inversas indica un alcance de 20 m. Ésta sección representa la parte media del terreno donde el perfilaje de la tendencia acuífera exhibe una cuña salina, esto es, la presencia de la recarga que por efectos transgresivos ingresa, por lo que se manifiesta la presencia de depósitos saturados por agua salina, que decrece gradualmente tierra adentro hasta una distancia aproximada de 140 m, a partir de la cual disminuye la presencia de agua salina (Figura 4 y 5).
- Al aumentar la distancia entre los dipolos para incrementar la profundidad de exploración a más de 40 m, se corrobora la tendencia mediante la cual el acuífero interpretado de índice de salinidad y/o agua marina elevado se perfila con una tendencia al decremento, que a la profundidad se manifiesta tierra adentro del predio, por lo que se pronostica que en la colindancia del predio con la ZOFEMAT, es factible localizar reservas potenciales de agua marina a partir de los 3-4 m de profundidad. Tierra adentro, la cuña salina se encontraría entre los 15 y los 20 m de profundidad (Tabla No. 1).

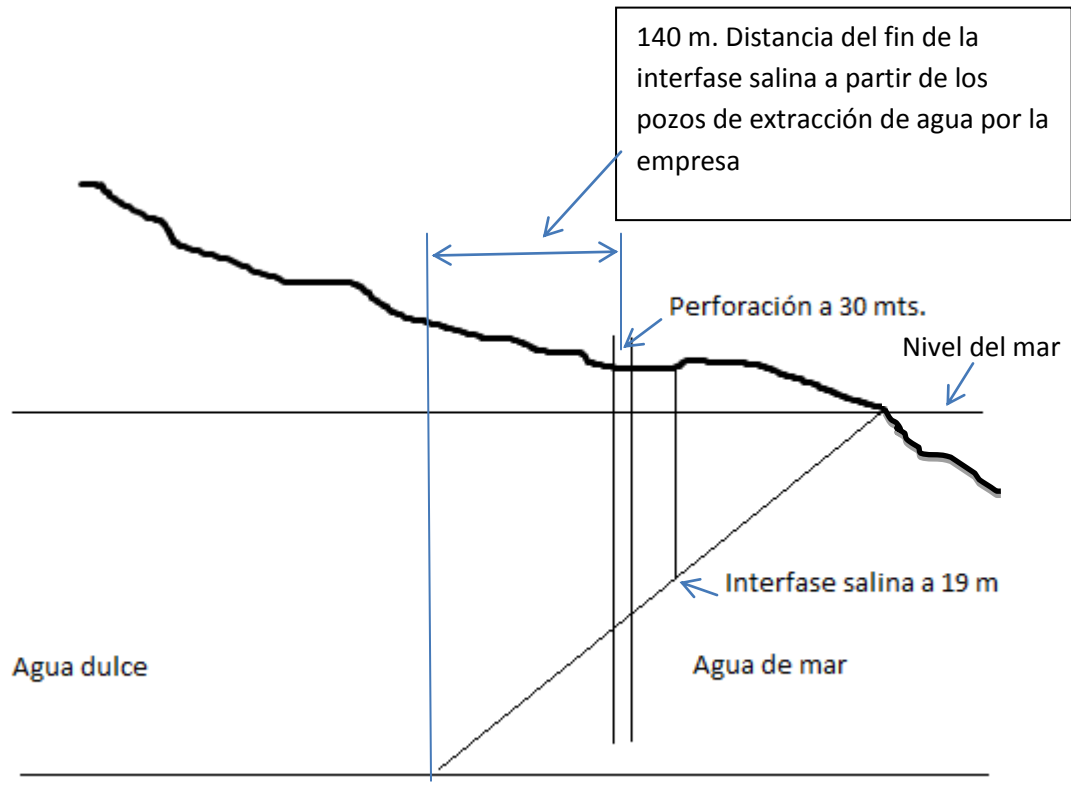
**Tabla 1.-** Características del subsuelo en el sitio donde se realizó el SEV-2 (Coordenadas UTM 572 281 E y 2 601 167 N). Fuente: Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora “Las Playitas”. VITLIQ S. A. de C. V. 2011.

Capa No.	Espesor (m)	Profundidad acumulada (m)	Resistividad Real (Ohms/m)	Probable formación
1	1.00	1.00	12000	Arenas y materiales clásticos secos
2	3.00	4.00	5000	
3	10.00	14.00	200	Material clástico y sedimentos cuarcíferos con trazas de saturación
4	9.00	25.00	070	Sedimentos porosos granulares semiconsolidados saturados. Con fluido salobre-salino
5	12.00	45.00	002	
6	25.00	60.00	009	Materiales clásticos porosos

Capa No.	Espesor (m)	Profundidad acumulada (m)	Resistividad Real (Ohms/m)	Probable formación
7	ND	>60	002	consolidados y/o rocas basales fracturadas, con bajo grado de saturación de tipo salino.



**Figura 4.-** Sección estratigráfica inferida a partir del sondeo eléctrico SEV-2. Fuente: Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora “Las Playitas”. VITLIQ S. A. de C. V. 2011.



**Figura 5.-** Diagrama de datos técnicos aportados por la empresa para la perforación y extracción de agua de mar. Información obtenidos de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto “Planta desalinizadora Las Playitas”. Vitliq, S.A. de C.V. 2011.

- Las obras necesarias para llevar el tendido de cables para el suministro eléctrico al sitio del proyecto serán por cuenta del promovente.
- El objetivo principal de la planta desalinizadora es producir el agua necesaria para el proceso industrial del proyecto minero “Concordia”, evitando así la afectación a los acuíferos de la zona, al ser un proyecto autosuficiente en este sentido. Más aún, con ello se evitan los conflictos sociales por el uso del recurso agua.
- Se considera de acuerdo con los resultados de la valoración de impactos que cuando el proyecto tenga el nivel de aprovechamiento óptimo de su capacidad instalada, tendrá un grado de sustentabilidad ambiental alto, debido a que se trata de un proyecto autosuficiente y con ello contribuye a

la conservación del recurso agua al utilizar fuentes alternas al agua subterránea.

- En el **Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas** se menciona que en cuanto a la ubicación de los pozos playeros, los estudios de resistividad eléctrica, concluyen que es factible la obtención del gasto requerido para la alimentación de la planta desalinizadora desde la cuña salina, la cual garantiza un espesor saturado de agua de mar entre los 20 y los 30 m de profundidad. **Existe un cambio en la información respecto al documento anterior contenida en la Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”, en esta se señala que la saturación del agua de mar se ubica entre los 18 y 30 metros de profundidad.**
- En el **Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas** se señala que la planta desaladora está diseñada para producir 7,500 m<sup>3</sup>/día, para lo cual se instalarán tres módulos con una capacidad de 2,500 m<sup>3</sup>/día cada uno. **La calidad que se pretende obtener es de 500 ppm de sales. Sin embargo para obtener los 7,500 m<sup>3</sup>/día de agua, se requieren extraer 19,053 m<sup>3</sup>/día, es decir de aproximadamente 20 millones de litros por día.** En la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”** existiendo un diferencia en relación al volumen extraído de los pozos playeros, indicando un volumen de 17,856 m<sup>3</sup>/día para la producción de los 7,500 m<sup>3</sup>/día que se requieren para la actividad minera.
- Las perforaciones de los pozos se harían con un diámetro inicial de 6 a 10 pulgadas y su posterior ampliación a 12 o 18 pulgadas. Este trabajo se realiza mediante el empleo de equipo de perforación a base de una mesa rotaria.
- De acuerdo al estudio de impacto ambiental presentado por la empresa minera se perforarán cinco pozos, de los cuales solamente cuatro estarían en operación y el otro quedaría como reserva, se instalarían cinco bombas

(cuatro de ellas operando) a una profundidad de 30 m y espaciadas 25 metros entre cada una de ellas. Los estudios de exploración geoelectrica realizados ubican la interfase salina a 19 m de profundidad. Cada bomba extraerá un volumen de 186 m<sup>3</sup>/h, 4 bombas estarían trabajando las 24 horas del día, por lo tanto el volumen total a extraer por hora sería de 744 m<sup>3</sup>/h, lo que equivale a un volumen de 17,856 m<sup>3</sup>/día (existe una diferencia de extracción de agua, en dos partes del documento **se mencionan dos volúmenes diferentes**, en una parte se mencionan 478.75 m<sup>3</sup>/h y más adelante se mencionan 744 m<sup>3</sup>/h, por lo que los volúmenes de extracción varían de 11,490 m<sup>3</sup>/día a 17,856 m<sup>3</sup>/día, se infiere por lo tanto que esta última cantidad corresponde al volumen extraído incluyendo los 7,500 m<sup>3</sup>/día de agua desalada).

**Cada sistema de ósmosis inversa se encuentra integrado por:**

- Sistema de dosificación de bisulfito (El sistema consiste de un tanque de almacenamiento de bisulfito de 1m<sup>3</sup> (TC-02A, TC-02B, TC-02C) y una bomba dosificadora con un flujo de operación de 0.10 m<sup>3</sup>/h a una presión de 7 bar, por cada sistema de ósmosis inversa, uso aproximado en los tres sistemas de ósmosis inversa 7,200 lts/día).
- Sistema de dosificación de anti-incrustante (PD-01A, PD-01B, PD-01C).
- Filtración de 5 Micras (FA-01A/02A/03A, FA-01B/02B/03B, FA-01C/2C/03C).
- Bombeo de alta presión (PH-01A, PH-01B, PH-01C).
- Sistema de recuperación de energía (ER-01A/B/C, ER-02A/B/C, ER-03A/B/C).
- Módulo de ósmosis inversa (SW-RO-01A/01B/01C)



## **Diagnóstico del impacto ambiental sobre el ambiente marino que pudiera ocasionar la instalación de una planta desaladora o desalinizadora en el área de “Las Playitas”, Todos Santos**

Tanto en el **Estudio de Impacto Ambiental con Solicitud de Cambio de Uso de Suelo del Proyecto Planta Desalinizadora Las Playitas**”, como en la **Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero “Los Cardones”** se hace mención a los estudios oceanográficos contenidos en el anexo No. 3, sin embargo en los documentos que se han puesto a consideración para la consulta pública no se encuentra incluido dicho anexo, por lo tanto no existen las condiciones para realizar un análisis detallado del mismo, aspecto que debe de ser de importancia dado que las condiciones físicas del ambiente marino a lo largo del año son variables y por lo tanto de relevancia conocerlas para estar en condiciones de realizar una valoración de los efectos que podrían tener las descargas de la salmuera sobre éste. A pesar de ello y al no conocerse los mencionados anexos, se deduce que existen serias deficiencias en los estudios realizados por los consultores contratados por la empresa o empresas para la realización de las evaluaciones de impacto ambiental. En el primer documento antes señalado los contratantes únicamente realizaron dos muestreos de las condiciones físicas de la zona marina que se ubica en el área de influencia de la descarga de salmuera, esto correspondiente a las corrientes marinas, tanto superficiales, como de fondo, uno de los muestreos fue realizado el día 23 de mayo y dos más en el mes de agosto, siendo estos los días 27 y 28. Los muestreos realizados fueron mediante el uso de embarcación de deriva y muestreos de fondo, tomando la muestra a 10 metros de profundidad.

Es importante señalar que únicamente se realizó una toma de datos dos días después del inicio del verano y dos tomas de datos más seis días posteriores del inicio de la temporada de invierno. Como **ejemplo de las deficiencias** de información basta decir que el día 27 de agosto la corriente, tanto superficial como de fondo fue de 0.30 m/s, mientras que para el día 28 del mismo mes, es decir un día después, las corrientes de superficie y de fondo fueron de 0.15 m/s. **Esto**

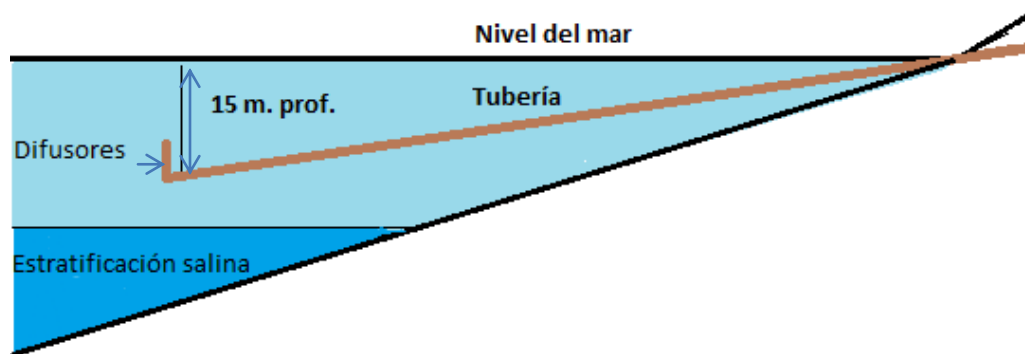
demuestra que las variaciones de corrientes son variables en muy cortos períodos de tiempo (el doble de la velocidad en las corrientes de un día a otro).

Se calculan aproximadamente 40 litros de agua marina para establecer el equilibrio salino de un litro de salmuera proveniente de la planta desaladora. Si la planta pretende descargar 11,490 m<sup>3</sup>/día, entonces se necesitarían 459'600,000 litros de agua de mar por día para equilibrar a la salinidad el agua de mar circundante a la descarga de salmuera.

Otro de los problemas que podrían presentarse y del cual no se hace mención en el documento presentado por la empresa, es que la salmuera producto de la descarga de la planta una vez que es arrojada al mar, ésta tiende a depositarse en el fondo (por diferencia de densidades) y ahí permanece, en tanto no se presenten las corrientes marinas de fondo lo suficientemente fuertes como para que pueda ser desplazada o mezclada. Un efecto de impacto inmediato se daría sobre las especies pelágicas (especies que habitan cerca de la superficie), sin embargo estas especies (las que tienen capacidad de desplazamiento) tienden a movilizarse hacia otros sitios con mejores condiciones, exceptuando a huevecillos y larvas de vertebrados e invertebrados marinos, muchas de las cuales son poco tolerantes a cambios de salinidad. Las especies bentónicas (que habitan en el fondo marino), muchas de ellas especies sésiles (de poco o nulo movimiento), las cuales inevitablemente estarían en riesgo de morir por deshidratación (cambio osmótico) (Figura 7).

Los organismos marinos son altamente sensibles a variaciones de salinidad, temperatura y elementos químicos ajenos al medio natural, entre otros factores. En este caso se hará una descarga de aguas con altas concentraciones de sales y temperaturas elevadas, estas aguas provocan un aumento en la toxicidad para los organismos vivos que habitan en la zona de influencia, haciendo que se produzca una ósmosis natural del organismo, es decir el organismo tiene un equilibrio osmótico entre su contenido celular y el medio que lo rodea, al incrementarse la salinidad en su medio ambiente, este tiende a compensar su concentración interna

de sales, por lo tanto expulsa agua y al hacerlo viene la muerte por deshidratación o descompensación salina. Los organismos que habitan este tipo de aguas son del tipo stenohalinos (baja tolerancia a los cambios de salinidad). En la Tabla 2, se pueden observar las propiedades iónicas entre el agua de mar promedio y la salmuera (agua de rechazo de la planta desaladora).



**Figura 7.-** Esquema de estratificación salina.

**Tabla 2.-** Propiedades iónicas de los caudales de proceso. Fuente: Felipe Correa Díaz. 2007. Evaluación de la Sustentabilidad en la Instalación de Plantas Desaladoras de Agua de Mar, en la Región Noroeste de México.

<i>Ion</i>	<i>Agua de mar ppm</i>	<i>Salmuera ppm</i>
K <sup>+</sup>	478	686.30
Na <sup>+</sup>	11,415	18,599.13
Mg <sup>+2</sup>	1,520	2,213.46
Ca <sup>2+</sup>	471	710.01
Sr <sup>+2</sup>	0.00	13.70
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	250	213.59
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	---	0.69
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15	1.13
Cl <sup>-</sup>	20,800	33,379.81
F <sup>-</sup>	0.00	2.36
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2,550	4,764.82

CO2	1.26	1.26
SDT	---	60,585
pH	7.9	8.46

**Diagnóstico del impacto ambiental sobre el ambiente terrestre que pudiera ocasionar la instalación de una planta desaladora o desalinizadora en el área de “Las Playitas”, Todos Santos.**

En el documento se afirma que el proyecto que pretenden realizar se ubica a 10 km. del centro de población más cercano (Todos Santos), por lo que la ubicación de la planta desalinizadora no entra en conflicto con el desarrollo de otras actividades productivas. Sin embargo se omite mencionar que independientemente de las actividades agropecuarias que ahí se llevan a cabo, existen asentamientos de tipo residencial, lo cual resulta incompatible con un proyecto de tipo industrial en donde se ocasionará un impacto visual con la presencia del proyecto en ese sitio, aunado al ruido que se generará durante las 24 horas del día con el funcionamiento de las cuatro bombas y de la propia planta en un medio en donde el ruido es prácticamente inexistente a excepción al ocasionado por el movimiento del mar. Por lo tanto, **de instalarse la planta desalinizadora la plusvalía de los terrenos de la zona de influencia al proyecto, inmediatamente se verán afectados al perder su valor comercial,**

El sitio donde se pretenden abrir 5 pozos, de los cuales 4 estarían en constante producción durante las 24 horas del día bombeando agua de la franja costera para su posterior desalación, está ubicado en el **acuífero Cañada Honda** (Ver Figura No. 3), definido con la clave 0312 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA, se localiza en la porción suroeste del estado de Baja California Sur, cubriendo una extensión de 490 km<sup>2</sup>. Su elevación promedio es de 400 msnm y 100 msnm para el caso del valle.

En los documentos sujetos a análisis se omite mencionar que el acuífero en donde se pretende construir el proyecto de planta desaladora se encuentra sujeto a las

disposiciones del “*Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman*”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954 y por el “*Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la región meridional del Territorio Sur de Baja California*” publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 6 de julio de 1954. Ambos decretos permiten extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros.

Los usuarios principales del agua, como se mencionó anteriormente, destinan el líquido para uso agrícola y doméstico. En el acuífero no existe Distrito o Unidad de Riego alguna, ni se ha constituido a la fecha un Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). El acuífero pertenece al Consejo de Cuenca Baja California Sur.

Algunos antecedentes relacionados con el uso del agua subterránea en la zona del proyecto y su área de influencia señalan que en el año 2007, Lesser y Asociados S.A de C.V., en un estudio para determinar la factibilidad de extracción de agua subterránea salobre para su desalación en los acuíferos de Migriño, Plutarco Elías Calles, El Pescadero, Todos Santos Y Cañada Honda, B.C.S., señalan valores de igual profundidad del nivel estático, lo que evidencia que **el flujo subterráneo no ha sufrido modificaciones causadas por la concentración de pozos o del bombeo (CONAGUA. 2009)**. Asimismo, que para el 2008 la configuración muestra la misma tendencia general, con los mismos valores extremos, salvo el caso de la porción baja del acuífero en el que el pozo ZA-43" El Chapingo" muestra evidencias de niveles de extracción por debajo del nivel del mar y, por tanto, indicios de inversión del gradiente hidráulico. De manera local, esto puede ser el principio de la intrusión marina.

Con respecto a la evolución del nivel estático para el periodo 2000-2008, afirman que se observa un abatimiento promedio de 0.4 a 0.1m anuales. De igual manera,

se registran valores de recuperación de 1 a 2 m, que representan de 0.1 a 0.2 m anuales. En general, se observa que los niveles del agua subterránea no muestran cambios significativos en su posición.

La recarga que recibe el acuífero procede de la infiltración directa de la lluvia sobre el valle, así como por la infiltración del agua superficial que escurre a través de los arroyos intermitentes durante las lluvias.

La descarga se produce de manera natural por flujo subterráneo hacia el mar y por evapotranspiración en pequeñas zonas que presentan niveles freáticos someros; de manera artificial se efectúa por medio de la extracción que se lleva a cabo por medio de la perforación de pozos.

No obstante que la precipitación pluvial media anual es baja, la presencia ocasional de los huracanes tiene un efecto muy importante sobre la recarga de los acuíferos, siendo evidente en muchos casos la rápida recuperación de los niveles del agua subterránea.

Respecto a la calidad del agua, la CNA reporta que en un estudio realizado en el año 2007 se muestrearon 15 aprovechamientos para el análisis fisicoquímico correspondiente, los resultados muestran valores de Sólidos Totales Disueltos (STD). En cuatro muestras superan el máximo permisible de 1000 mg  $l^{-1}$  establecido la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 de STD para el agua destinada al consumo humano, debido a su alto contenido de sodio, calcio y cloruro. Los valores de conductividad eléctrica indican la presencia de agua con menos de 1000  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  en casi todo el valle, con excepción de sitios puntuales próximos a la costa que obligaron al trazo de las líneas de concentración de 2000 y 3000  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$ .

Asimismo, de acuerdo con el criterio de Wilcox, que relaciona la conductividad eléctrica con la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), el agua extraída se

clasifica como de salinidad media (C2) a alta (C3) y contenido bajo de sodio (S1) a muy alto (S4). De las 15 muestras analizadas, 6 se clasifican como C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, 5 como C<sub>1</sub>S<sub>2</sub> y las 4 restantes como C<sub>2</sub>S<sub>2</sub>. Esto indica que el agua subterránea, es en general apta para el riego agrícola en toda la superficie del acuífero excepto en aquellos sitios puntuales de contaminación local, en los que el riego agrícola de ciertos cultivos puede tener algunas restricciones o requerir de llevar a cabo prácticas de control de la salinidad.

Con respecto a las familias del agua, predomina la sódico-clorurada, que indica la influencia de sales de origen marino, especialmente en la porción más próxima a la costa. En menor proporción se presenta la familia mixta.

La posible perforación en la zona costera para bombear aproximadamente 20,000 m<sup>3</sup>/día de la frontera salina, por un periodo aproximado de 10 años, hace suponer un efecto negativo en el nivel del acuífero, así como en la calidad del agua de los pozos ubicados en la parte baja de este, es decir, los más cercanos a la costa.

La recarga del acuífero está en función de la presencia de precipitación, la cual se caracteriza por ser muy baja e irregular, acentuándose esta característica en los dos años más recientes, de no presentarse las lluvias, los niveles piezométricos tenderían a disminuir, es decir, la descarga superaría a la recarga, ocasionando por consecuencia el avance del frente salino, que si se llegase a presentar, sería un proceso difícil de revertir.

Esto se ve agravado por la existencia de pozos a distancias por abajo del kilómetro de distancia al sitio de extracción de aguas salinas; estos serían los primeros en ser afectados en sus niveles freáticos y en su calidad (Figura 9 y Tabla 3).

**Tabla 3.-** Información de campo obtenida durante el muestreo de agua para análisis químicos de 10 pozos en la zona de influencia al proyecto, 2011 y 2013.

<b>INFORMACIÓN DE CAMPO PARA CONOCER LA UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA QUE PUDIERAN SER AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA EN EL SITIO CONOCIDO COMO LAS PLAYITAS, TODOS SANTOS, MPIO. DE LA PAZ, BCS.</b>								
<b>POZO No.</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>DISTANCIA AL ÁREA DE BOMBEO (KM.)</b>	<b>DISTANCIA A LA LINEA DE COSTA (KM.)</b>	<b>PROFUNDIDAD DEL ESPEJO DE AGUA (2011)</b>	<b>PROFUNDIDAD DEL ESPEJO DE AGUA (2013)</b>	<b>msnm</b>	<b>CONCESIÓN</b>
1	23°32'29.9"	110°17'44.02"	2.61	1.08	47 m	45 m	46	CNA 15
2	23°32'05.7"	110°17'33.92"	1.86	0.89			29	
3	23°31'37.99"	110°17'33.18"	1	0.42	8 m	9.26 m (ND)	9	CNA 16
4	23°30'04.86"	110°17'29.22"	1.36	0.75	40 m	40 m	36	CNA 09
5	23°31'40.29"	110°17'23.71"	1.1	0.69		17.07 m	8	CNA 12
6	23°31'36.62"	110°17'01.39"	1.27	1.18	35.7 m	36.08 m	46	SAPA 1
7	23°31'28.56"	110°17'15.14"	0.82	0.69		19.33 m (ND)	20	CNA 08
8	23°31'12"	110°17'02.79"	0.83	0.78	9 m	12 m	12	
9	23°31'08.97"	110°16'50.62"	1.15	1.01			21	CNA 17
10	23°31'12.14"	110°17'21.15"	0.28	0.28	7 m	6.78 m	7	SAPA 2





**Figura 9.-** Ubicación de cada uno de los pozos muestreados y su distancia en línea recta al sitio de bombeo del proyecto de planta desaladora.

Como puede ser observado en la tabla y figura anterior, la distancia de los pozos en línea recta a la zona de bombeo del proyecto de la planta desaladora varía de los 283 m. de distancia en el pozo No. 10, hasta aproximadamente 2,600 metros del pozo No. 1. Sin embargo la distancia de cada uno de los pozos respecto a la línea de costa varía de 283 m en el pozo No. 10 a 1,080 metros respecto al pozo No. 1.

Con el propósito de contar con evidencias de la situación en que se encuentran 10 pozos de agua ubicados en la zona de influencia del sitio en el que se proyecta instalar los sistemas de bombeo que alimentarían a la planta desaladora, se procedió a realizar un muestreo de cada uno de ellos con el propósito de obtener evidencias de su calidad física y química, los resultados obtenidos pueden ser observados en la Tabla 4, así como en las Gráficas de la 1 a la 11.

**Tabla 4.-** Calidad del agua en diez pozos de agua ubicados en la zona de influencia del proyecto para la instalación de una planta desaladora en “Las Playitas”, Todos Santos, Mpio. De La Paz, BCS. Las muestras fueron tomadas el 30 de abril de 20011.

POZO No. 1 (CNA-15)			POZO No. 2		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
PH	7.26	7.39	PH	7.29	
C.E. mmhos/cm	1.18	1.46	C.E. mmhos/cm	1.06	
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	N/D	Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	488.77 ppm	162.31 ppm	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	706.00 ppm	
Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	621.50 ppm	657.43 ppm	Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	586.98 ppm	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	30.36 ppm	16.33 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	30.51 ppm	
Calcio (Ca)	29.68 ppm	33.91 ppm	Calcio (Ca)	37.11 ppm	
Magnesio (Mg)	18.46 ppm	14.86 ppm	Magnesio (Mg)	22.07 ppm	
Sodio (Na)	536.25 ppm	411.47 ppm	Sodio (Na)	579.09 ppm	
Potasio (K)	0.00 ppm	6.55 ppm	Potasio (K)	0.00 ppm	
% de sodio de los cationes	88.91	86.38	% de sodio de los cationes	87.68	
Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	
R.A.S.	19.72	15.31	R.A.S.	19.24	

POZO No. 3 (CNA-16)			POZO No. 4 (CNA-9)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
PH	7.31	6.83	PH	7.2	7.46
C.E. mmhos/cm	1.12	7.5	C.E. mmhos/cm	1.14	1.3
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	28.51 ppm	Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	1031.84 ppm	115.94 ppm	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	923.23 ppm	231.88 ppm
Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	517.92 ppm	3,469.76 ppm	Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	517.92 ppm	584.38 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	31.06 ppm	132.54 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	31.49 ppm	17.57 ppm
Calcio (Ca)	37.11 ppm	244.89 ppm	Calcio (Ca)	37.11 ppm	30.14 ppm
Magnesio (Mg)	15.99 ppm	155.71 ppm	Magnesio (Mg)	24.09 ppm	10.53 ppm
Sodio (Na)	666.24 ppm	1,698.94 ppm	Sodio (Na)	611.86	404.34

POZO No. 3 (CNA-16)			POZO No. 4 (CNA-9)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
				ppm	ppm
Potasio (K)	0.00 ppm	39.63 ppm	Potasio (K)	0.00 ppm	5.59 ppm
% de sodio de los cationes	90.44	75.28	% de sodio de los cationes	87.66	88.44
Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> S <sub>4</sub>	Clasificación	C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> S <sub>3</sub>
R.A.S.	23.72	23.72	R.A.S.	19.89	16.67

POZO No. 5 (CNA-12)			POZO No. 6 (SAPA No. 1)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
PH	7.37	7.19	PH	6.75	7.74
C.E. mmhos/cm	0.63	0.74	C.E. mmhos/cm	0.62	0.84
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm		Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	0 ppm	N/D
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	488.77 ppm	278.25 ppm	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	760.30 ppm	278.25 ppm
Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	241.69 ppm	328.71 ppm	Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	276.22 ppm	328.71 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	29.26 ppm	11.44 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	27.89 ppm	14.15 ppm
Calcio (Ca)	29.68 ppm	45.21 ppm	Calcio (Ca)	44.53 ppm	37.68 ppm
Magnesio (Mg)	18.46 ppm	5.72 ppm	Magnesio (Mg)	7.43 ppm	52.39 ppm
Sodio (Na)	293.11 ppm	249.43 ppm	Sodio (Na)	396.98 ppm	172.08 ppm
Potasio (K)	0.00 ppm	5.87 ppm	Potasio (K)	7.49 ppm	8.89 ppm
% de sodio de los cationes	81.42	80.39	% de sodio de los cationes	86.29	55.54
Clasificación	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Clasificación	C <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>
R.A.S.	10.77	9.56	R.A.S.	14.97	4.39

POZO No. 7 (CNA-8)			POZO No. 8 (Rancho No que No)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
PH	7.3	7.63	PH	6.92	6.95
C.E. mmhos/cm	0.57	0.7	C.E. mmhos/cm	0.66	0.8
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	N/D	Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	N/D
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	1357.69 ppm	371 ppm	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	923.23 ppm	278.25 ppm
Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	207.16 ppm	292.19 ppm	Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	207.16 ppm	365.24 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	28.25 ppm	5.16 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	30.08 ppm	9.19 ppm
Calcio (Ca)	37.11 ppm	45.21 ppm	Calcio (Ca)	66.8 ppm	71.58 ppm

POZO No. 7 (CNA-8)			POZO No. 8 (Rancho No que No)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
Magnesio (Mg)	18.01 ppm	12.35 ppm	Magnesio (Mg)	0 ppm	14.13 ppm
Sodio (Na)	584.88 ppm	248.53 ppm	Sodio (Na)	426.85 ppm	226.69 ppm
Potasio (K)	0.00 ppm		Potasio (K)	0.00 ppm	6.0 ppm
% de sodio de los cationes	88.73	77.26	% de sodio de los cationes	85.19	68.25
Clasificación	C2S3	C2S2	Clasificación	C2S2	C3S2
R.A.S.	20.34	8.71	R.A.S.	14.84	6.6

POZO No. 9 (Rancho Playitas)			POZO No. 10 (SAPA No. 2)		
PARÁMETROS	2011	2013	PARÁMETROS	2011	2013
PH	6.81	7.65	PH	7.01	7.08
C.E. mmhos/cm	0.36	0.48	C.E. mmhos/cm	0.6	0.58
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	N/D	Carbonatos (CO <sub>3</sub> )	26.70 ppm	N/D
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	923.23 ppm	231.88 ppm	Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	1249.07 ppm	301.48 ppm
Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	103.58 ppm	182.62 ppm	Cloruros (Cl <sub>2</sub> )	207.16 ppm	255.67 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	27.94 ppm	2.14 ppm	Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	33.12 ppm	4.07 ppm
Calcio (Ca)	29.68 ppm	52.75 ppm	Calcio (Ca)	48.24 ppm	60.28 ppm
Magnesio (Mg)	0.00 ppm	3.43 ppm	Magnesio (Mg)	21.39 ppm	3.36 ppm
Sodio (Na)	405.45 ppm	131.73 ppm	Sodio (Na)	528.94 ppm	196.15 ppm
Potasio (K)	0.00 ppm	6.55 ppm	Potasio (K)	0.00 ppm	5.86 ppm
% de sodio de los cationes	93.19	67	% de sodio de los cationes	85.08	72.85
Clasificación	C <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	Clasificación	C <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>
R.A.S.	22.46	4.88	R.A.S.	16.48	6.88

### **Análisis de los resultados obtenidos en la calidad de agua**

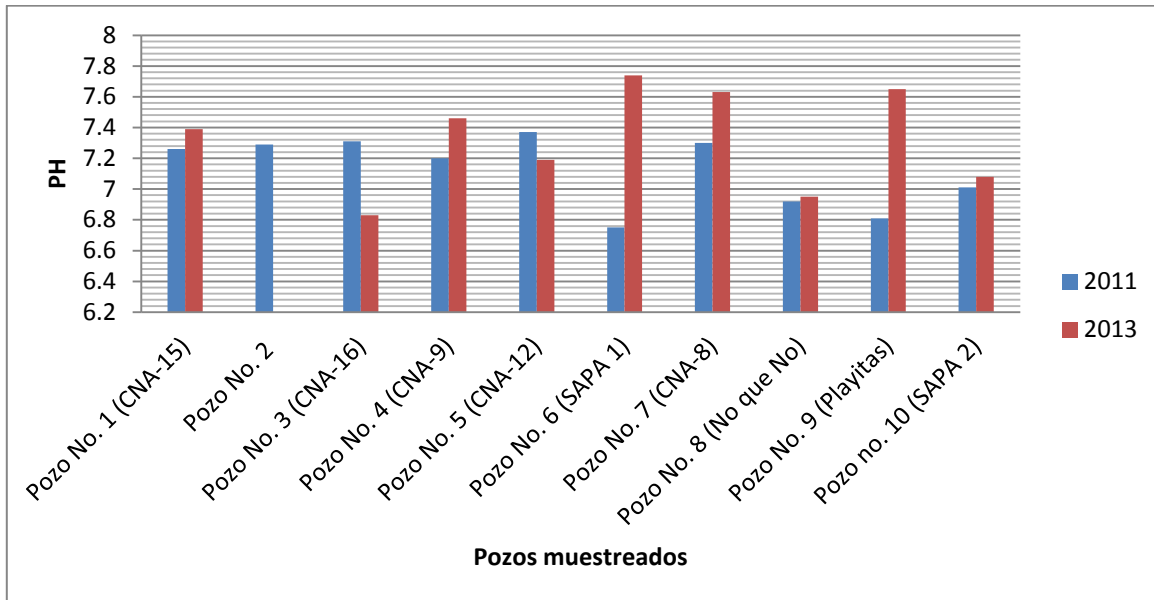
Como resultado del análisis de agua realizado a los pozos ubicados en la zona de Las Playitas, podemos observar que **no existe un cambio significativo respecto a la calidad del agua en la mayoría de los pozos:** dos de los pozos se destinan para uso de agua potable y el resto para uso agrícola. La calidad de estos con base a la conductividad eléctrica (CE) y a la relación de adsorción de sodio (RAS), los condiciona para ser utilizada en algunos cultivos que sean tolerantes a la

salinidad. Un factor que los favorece es que el suelo presenta textura arenosa, condición que no permite la acumulación de sales en él

No es el caso del pozo No. 3. Se observa un cambio drástico en su calidad en lo que respecta a la salinidad, que en el periodo de muestreos efectuados entre el 2011 y 2013 paso de  $1.12 \text{ dSm}^{-1}$  ( $C_3$ ) a  $7.5 \text{ dSm}^{-1}$  ( $C_6$ ). El pozo se ubica en un predio que tiene un plantación de palmas (reales, cocoteras y de abanico); tiene un gasto aproximado de 16 litros por segundo (lps) y según testimonio del mayordomo, se opera por 8 horas de lunes a sábado, lo que genera un volumen de  $460 \text{ m}^3$  por día, que representan  $2,764.8 \text{ m}^3$  a la semana.

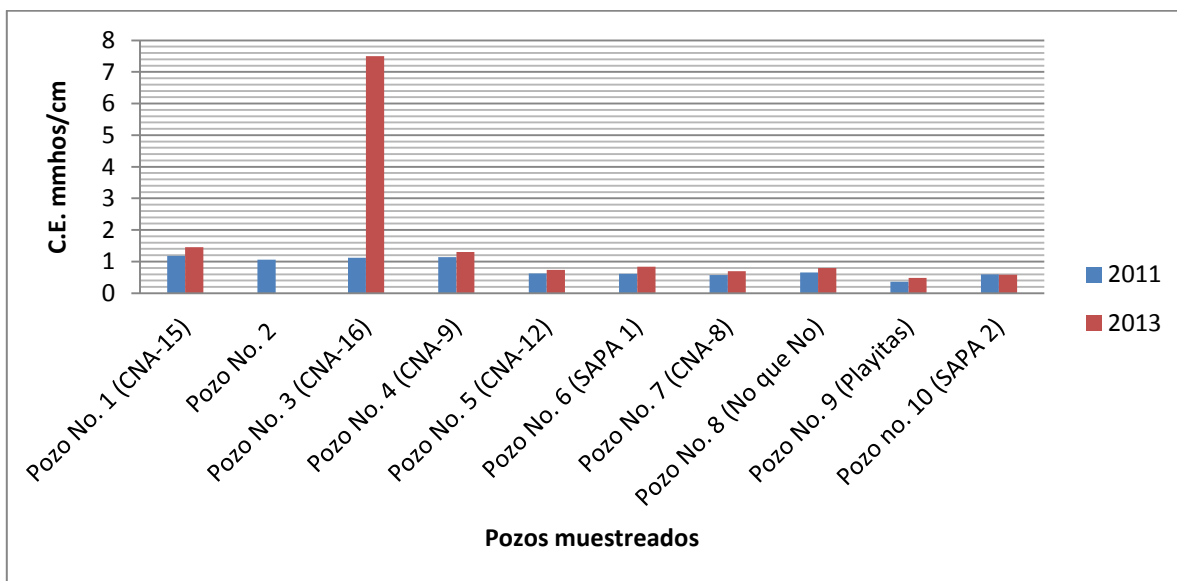
Es de llamar la atención porque el gasto del pozo no es representativo para una explotación agrícola y sin embargo, la calidad del agua en el periodo de muestreo se deterioró de una manera muy significativa. Aún más, el nivel de abatimiento del pozo es de 1.5 m lo que hace pensar que, por las condiciones y localización del terreno, puede existir problemas con intrusión salina. Para corroborar esto, habría que realizar un estudio donde se consideraran pozos de observación para determinar la frontera del cono de abatimiento y descartar posibles redes de flujo de agua salina.

Por lo anterior y considerando en especial el caso del pozo número 3, habría que considerar la pertinencia de explotaciones futuras que impliquen mayores volúmenes de extracción, cercanas a la zona de pozos analizados. Sin lugar a duda la instalación de pozos playeros para la extracción de agua salobre que abastecería a la planta desaladora afectará en forma significativa en un período corto de tiempo a los 10 pozos sujetos a evaluación,



**Gráfico 1.** Comportamiento del PH presente en los diez pozos muestreados en 2011 y 2013.

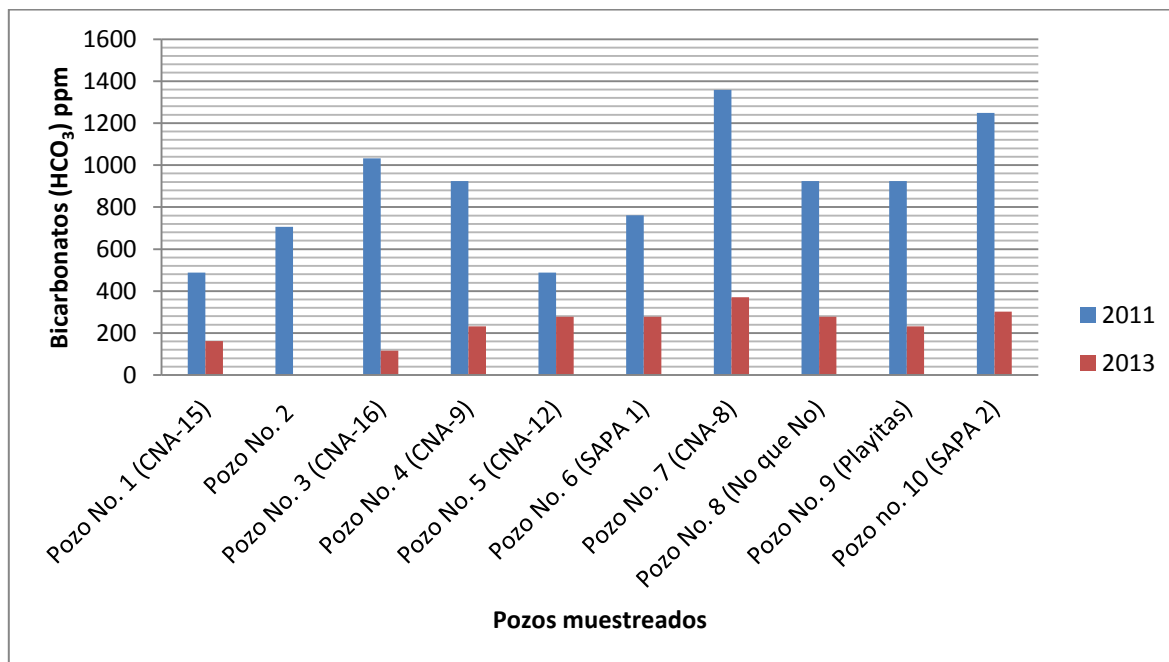
**PH.-** Aunque no es una determinación de importancia en la evaluación de la calidad de aguas para riego, se considera la existencia de un rango normal de PH entre 6.5 y 8.4. Fuente.- Pedro Llanos (Walco, S.A.)



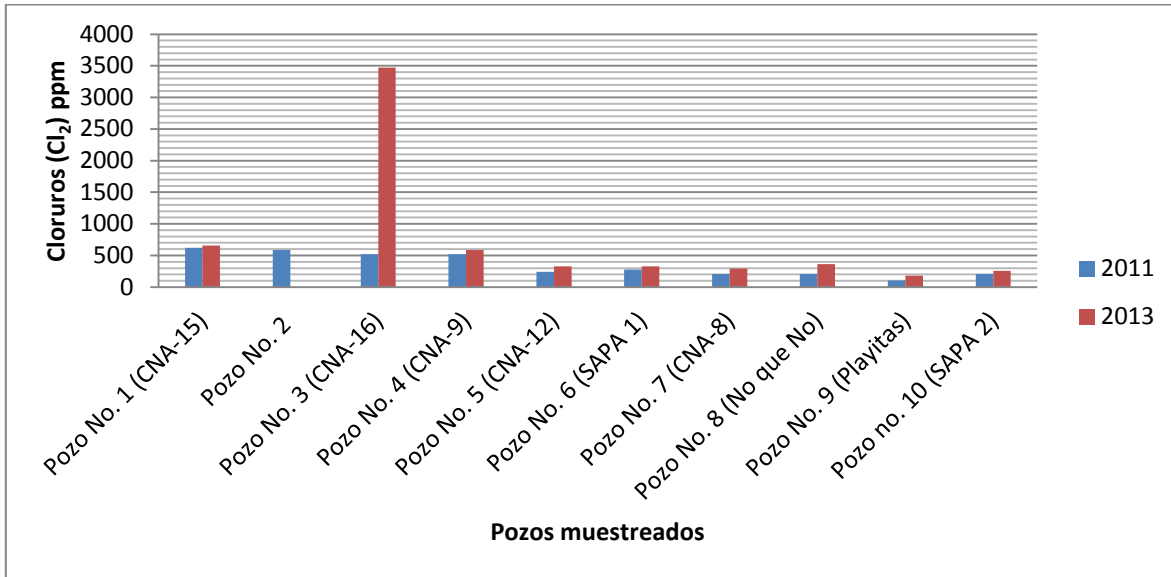
**Gráfico 2.-** Comportamiento de la resistividad eléctrica presente en los diez pozos muestreados en 2011 y 2013.

**C.E. mmhos/cm.** La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con el total de sólidos disueltos (TDS).

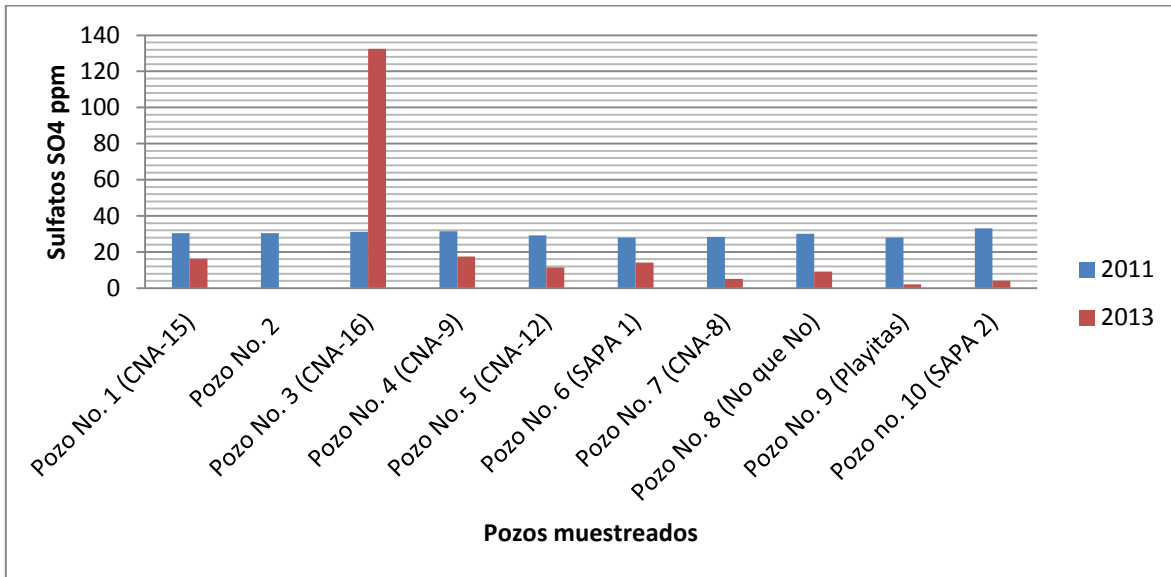
Ante los resultados obtenidos en el muestreo y análisis del pozo número 3, se hizo necesario llevar un segundo y tercer muestreo y análisis con el propósito de avalar los resultados obtenidos, teniendo como resultado que en el segundo análisis del pozo con motor apagado fue de una conductividad eléctrica de 6.1 y con el motor funcionando durante diez minutos fue de 7.9, lo que indica que es un pozo que ha estado sometido a intensa extracción, lo que queda de manifiesto al informarnos que trabaja a razón de aproximadamente 16 lts/seg de lunes a sábado de siete de la mañana a tres de la tarde. Esto nos puede dar una idea de lo que podría suceder con el resto de los pozos que se ubican en el área una vez que entre en funcionamiento la planta desaladora con seis bombas operando las 24 horas del día para extraer 7,500 metros cúbicos por día.



**Gráfico 3.-** Comportamiento de los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados en 2011 y 2013.

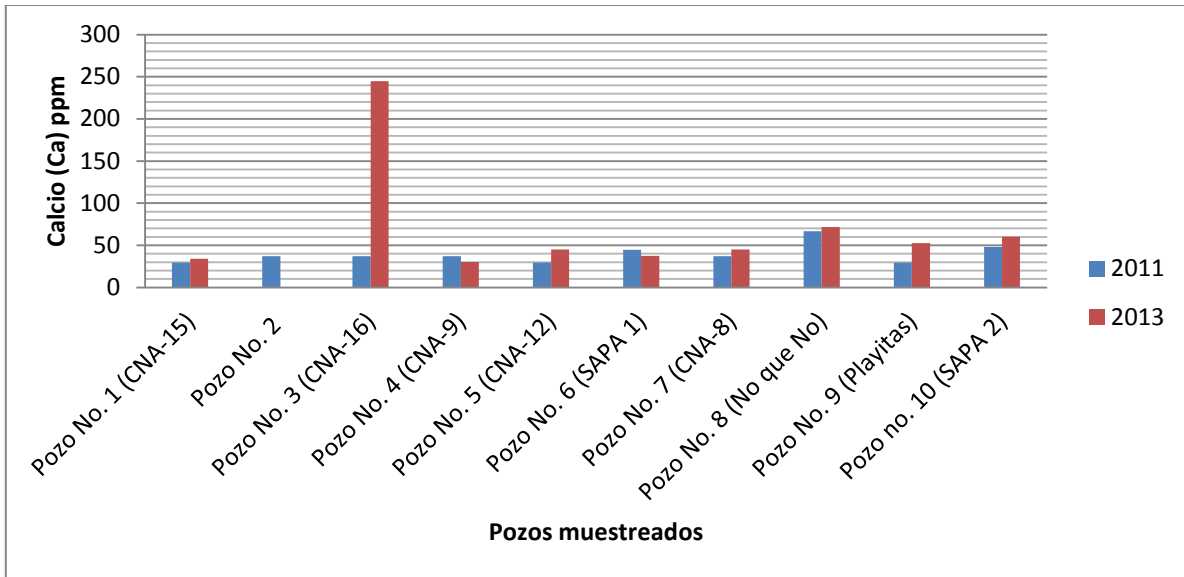


**Gráfico 4.-** Comportamiento del cloruro ( $Cl_2$ ) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.

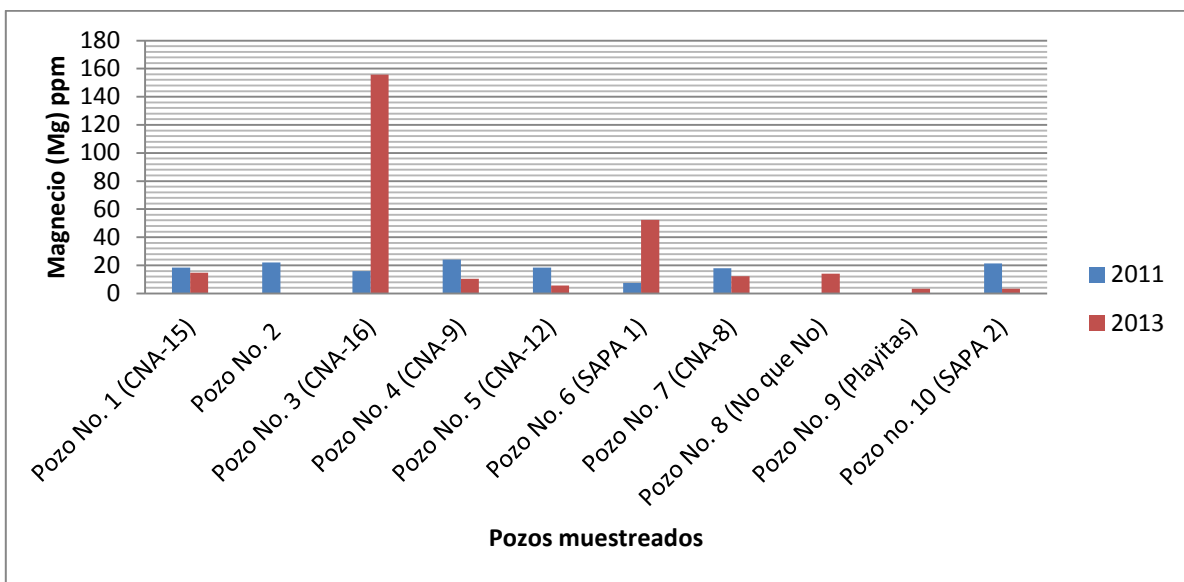


**Gráfico 5.-** Comportamiento de sulfatos ( $SO_4$ ) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.

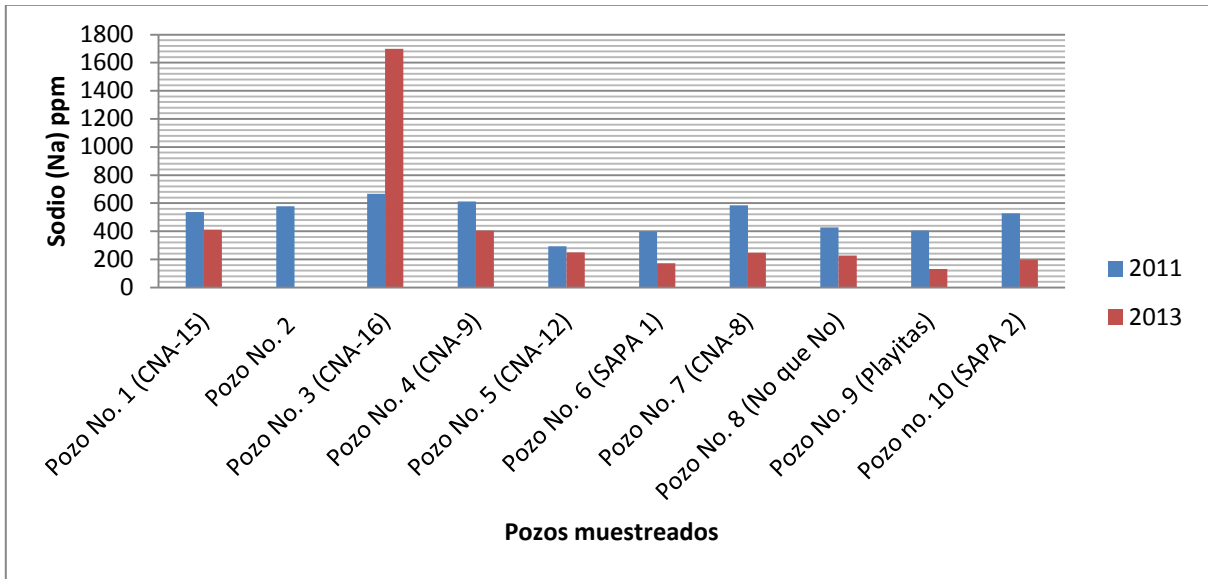




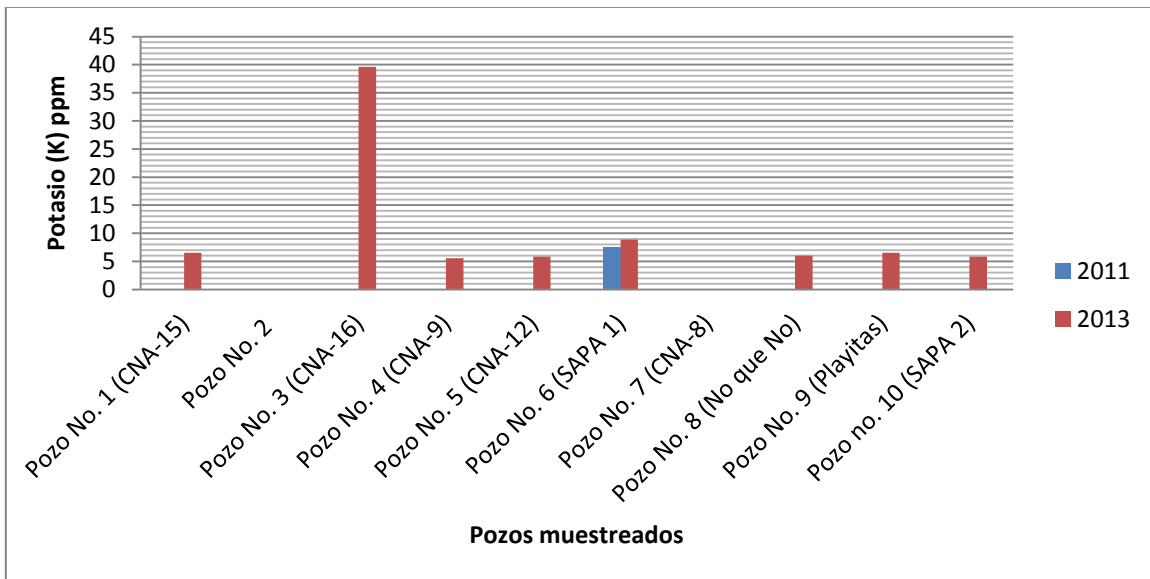
**Gráfico 6.-** Comportamiento de calcio (Ca) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.



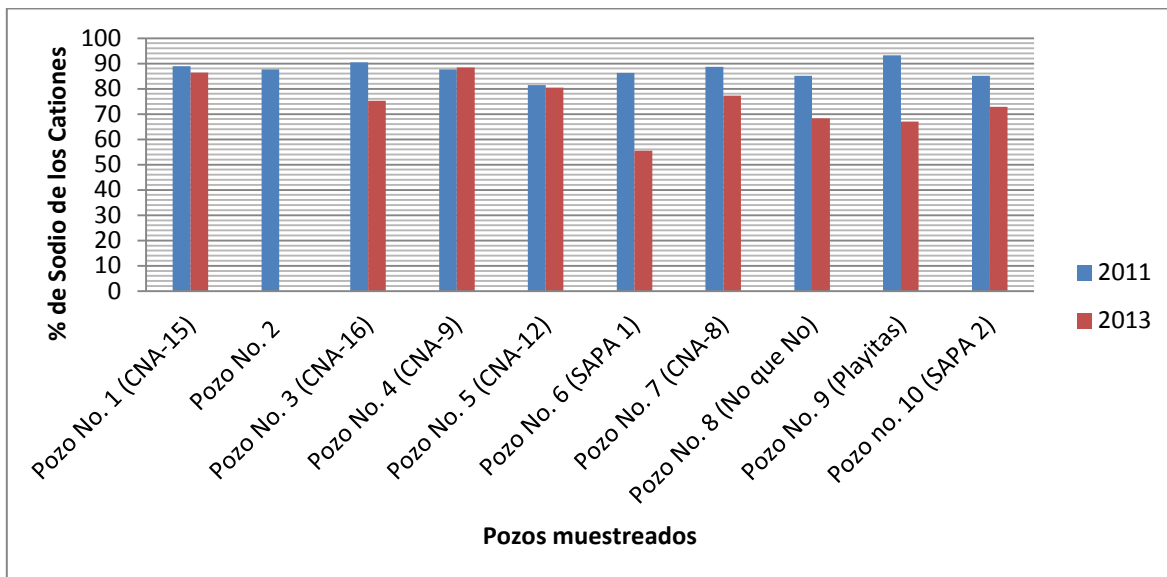
**Gráfico 7.-** Comportamiento de magnesio (Mg) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.



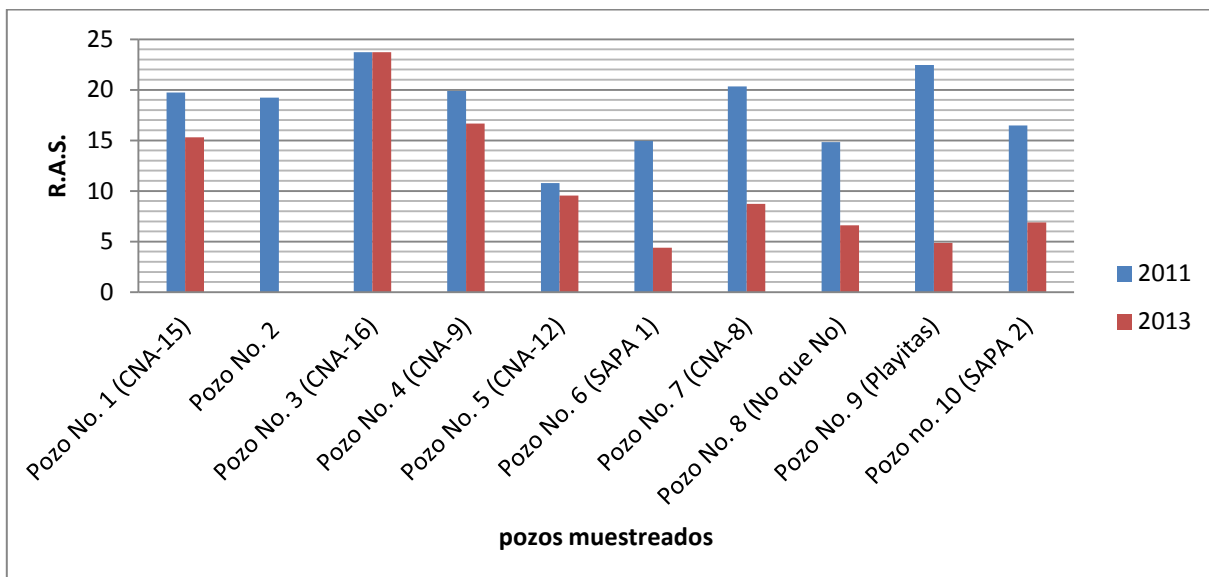
**Gráfico 8.-** Comportamiento de sodio (Na) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.



**Gráfico 9.-** Comportamiento del potasio (K) en partes por millón (ppm) presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.



**Gráfico 10.-** Porcentaje de Sodio (Na) de los cationes presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.



**Gráfico 11.-** R.A.S. Comportamiento del sodio (Na) en porcentaje presentes en los diez pozos muestreados, 2011 y 2013.

En la Tabla 5 y 6. Se muestra la calidad del agua de 10 pozos cercanos al sitio de perforación. Se evidencia que la salinidad y la presencia de sodio se han incrementado respecto al muestreo reportado por la **CONAGUA** en el 2007. De los 10 pozos, tres de ellos se clasifican como  $C_2S_2$  (Salinidad media y media en sodio), tres se clasifican como  $C_2S_3$  (Salinidad media y alta en sodio), tres como

C<sub>3</sub>S<sub>3</sub> (Salinidad alta y alta en sodio) y uno como C<sub>3</sub>S<sub>4</sub> (Salinidad alta y muy alta en sodio).

**Tabla 5.-** Calidad del agua de 10 pozos cercanos al sitio del proyecto.

INFORMACIÓN DE CAMPO PARA CONOCER LA UBICACIÓN DE POZOS DE AGUA QUE PUDIERAN SER AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN DE LA PLANTA DESALADORA EN EL SITIO CONOCIDO COMO LAS PLAYITAS, TODOS SANTOS, MPIO. DE LA PAZ, BCS.								
POZO No.	CONCESIÓN	Localización		DISTANCIA AL ÁREA DE BOMBEO (KM.)	Calidad del agua			
		LAT. N	LONG. W		CE*	RAS**	Clasificación	Interpretación
					mmhos/cm			
1	CNA 15	23°32'29	110°17'44	2.61	1.18	19.72	C3S3	Salinidad alta y alta en sodio
2		23°32'05	110°17'33	1.86	1.06	19.24	C3S3	Salinidad alta y alta en sodio
3	CNA 16	23°31'37	110°17'33	1	1.12	23.72	C3S4	Salinidad alta y muy alta en sodio
4	CNA 09	23°30'04	110°17'29	'	1.14	19.89	C3S3	Salinidad alta y alta en sodio
5	CNA 12	23°31'40	110°17'23	1.1	0.63	10.77	C2S2	Salinidad media y media en sodio
6	SAPA	23°31'36	110°17'01	1.27	0.62	14.97	C2S2	Salinidad media y media en sodio
7	CNA 08	23°31'28	110°17'15	0.82	0.57	20.34	C2S3	Salinidad media y alta en sodio
8		23°31'12	110°17'02	0.83	0.66	14.84	C2S2	Salinidad media y media en sodio
9	CNA 17	23°31'08	110°16'50	1.15	0.36	22.46	C2S3	Salinidad media y alta en sodio
10	SAPA	23°31'12	110°17'21	0.34	0.60	16.48	C2S3	Salinidad media y alta en sodio

CE\*, conductividad eléctrica. mmhos /cm

RAS, relación de adsorción de sodio.

**Tabla 6.** Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside. Fuente: Dell'Amico Rodríguez, J.M., Morales Guevara, D. y Calaña Naranjo, J.M. 2011.

Tipos	Calidad y Normas de Uso
C <sub>1</sub>	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad
C <sub>2</sub>	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

Tipos	Calidad y Normas de Uso
C <sub>3</sub>	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>4</sub>	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C <sub>5</sub>	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente
C <sub>6</sub>	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S <sub>1</sub>	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S <sub>2</sub>	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
S <sub>3</sub>	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S <sub>4</sub>	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

### **Riesgo de salinización o sodificación del suelo.**

El Método propuesto por Richards (1954), citado por Olías, M., Cerón, J.C. y Fernández, I. 2005 para el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Riverside, California), se basa en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización.

**Tabla 6.** Valores del Riesgo de salinización y de Sodificación (RAS) de aguas de riego, según la clasificación de la FAO. Fuente: <http://www.miliarium.com>.

Riesgo de salinización CE mmhos m <sup>-1</sup> a 25 °C	Ninguna	Ligera o moderada	Importante
	<0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Riesgo de sodificación RAS	ninguna	Ligera o moderada	Importante
	(CE mmhos m <sup>-1</sup> a 25 °C)		
0 - 3	> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
3 -6	> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
6 -12	> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
12 -20	> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
20 - 40	> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9

### Riesgo de salinidad

**Contenido de sal en agua de regadío.** El exceso de sales es una de las mayores preocupaciones en el agua para fines agrícolas. Un alto contenido en sales presentes en el agua supone un aporte de sales en al suelo que sustenta la planta afectando la productividad del cultivo, degradando la estructura de la tierra y generando problemas de contaminación en las aguas subterráneas.

En las zonas costeras, donde la intrusión e infiltración de agua del mar en el agua que es bombeada en pozos cercanos, puede ocasionar un grave riesgo de salinidad en el agua, como ejemplo; observar los indicadores de los parámetros químicos analizados durante el 2011 y 2013 (Tabla 4) en donde se puede corroborar lo que sucede en el pozo No. 3 cuando existe una sobreexplotación de agua.

**Efecto del Sodio en aguas de riego.** Altos contenidos de iones de sodio en las aguas de riego afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire, en el área de estudio los suelos predominantes son arenosos motivo por el cual el efecto del sodio sobre él no es relevante, no así sobre los cultivos que se pretendan implementar.

### **Riesgo de carbonatos y bicarbonatos en aguas de riego**

Alto contenido de carbonato ( $\text{CO}_3^{=}$ ) y bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) aumenta el índice de RAS. Los iones de carbonato y bicarbonato se combinan con Calcio y Magnesio precipitando en forma de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) o carbonato magnésico ( $\text{MgCO}_3$ ) cuando la solución del suelo se concentra bajo condiciones secas.

La concentración de Ca y Mg decrece en relación al sodio y el índice RAS es mayor. Esto provoca la alcalinización y aumento del PH. Cuando el análisis del agua indica un nivel alto de PH, es señal de que los valores de carbonates y bicarbonatos son altos.

### **El sodio y el cloro**

Son iones normalmente absorbidos por la raíz. La absorción a través de las hojas produce una mayor acumulación de estos compuestos en las plantas. Una absorción directa normalmente ocurre a través de los sistemas hidratantes de rociado a altas temperaturas y valores de humedad bajos.

La concentración adecuada de estos aniones depende del tipo de cultivo, el estado de crecimiento, concentración de los iones tóxicos y combinación de los mismos, clima y condiciones particulares del tipo de suelo.

### **Cloro libre**

Cloro libre ( $\text{Cl}_2$ ) es altamente reactivo e inestable en agua. A altos niveles de cloro residual éste se disipa rápidamente cuando el agua es almacenada en tanques o embalses durante unas horas. A concentraciones residuales de cloro libre menores de 1mg/l normalmente no afecta la hoja de la planta.

### **El sulfato**

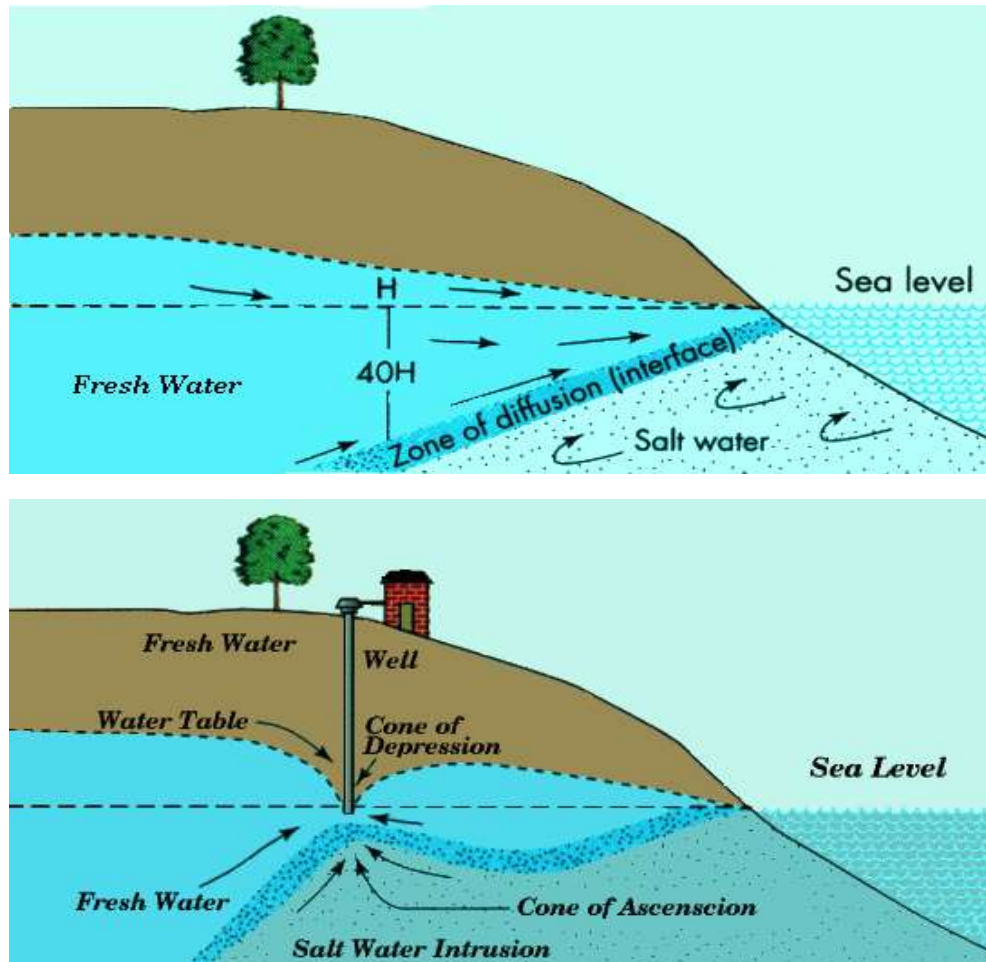
En general no está regulado en la normativa internacional sobre la calidad del agua para riego. El sulfato contribuye a la salinidad del agua de riego junto con el sodio, calcio, magnesio, cloro y carbonatos. Además, a la conductividad y sólidos disueltos del agua, parámetros de calidad que sí están regulados en la normatividad internacional. El concentraciones  $>20 \text{ me}^{-1}$  puede afectar la velocidad de infiltración en los suelos.

### **Intrusión de agua salada en las aguas subterráneas**

La intrusión del agua del mar es ocasionada por el movimiento del agua del mar en acuíferos de agua dulce, debido esto a procesos naturales o actividades humanas. La intrusión del agua del mar es causada por la disminución de los niveles de agua subterránea o aumentos de los niveles de agua del mar. Cuando se bombea agua dulce rápidamente y en exceso, se reduce el nivel del agua subterránea produciendo un cono de depresión. **El agua de mar avanza 12.2 metros por cada 0.3 metros de depresión de agua dulce formando un cono de ascensión.** (lenntech.es. Consultado mayo 2011).



En la Figura 10. Se representa el fenómeno físico de la intrusión salina. Esta afecta a la calidad del agua no solo en los lugares de bombeo de los pozos costeros, sino también en otros lugares y zonas menos desarrolladas de los acuíferos.



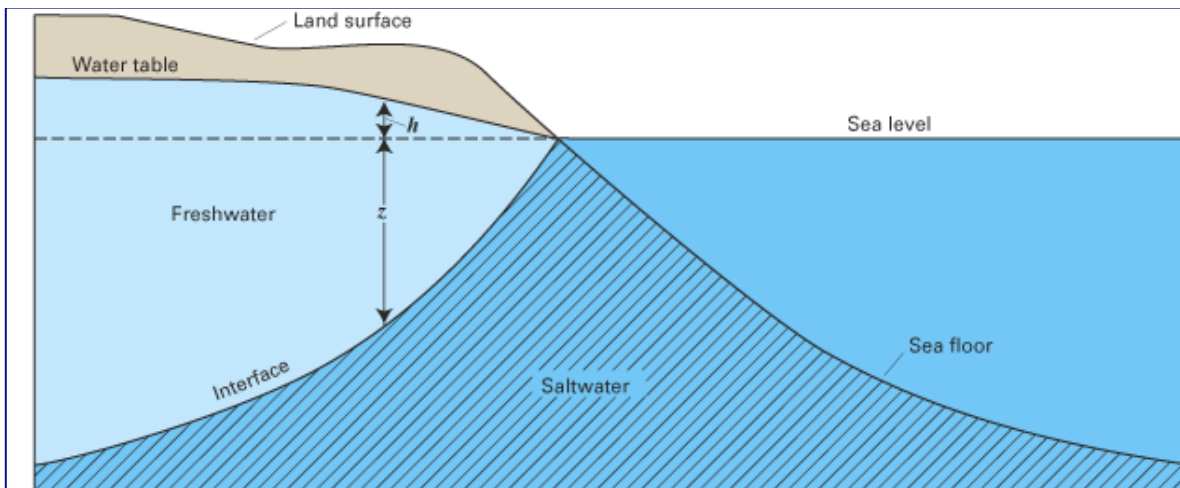
Cono de abatimiento y cono de ascensión en un pozo cercano a la costa. (lenntech.es.)

**Figura 10.-** Muestra dos fases del comportamiento de un acuífero. En la figura superior el acuífero se presenta en una forma estable y en la figura inferior un acuífero afectado por el bombeo de agua. Fuente: lenntech.es.

Una característica esencial de los acuíferos costeros es la coexistencia de dos fases fisicoquímicas diferentes: agua dulce y agua salada. Son fluidos de densidad, temperatura y viscosidad diferente y, desde luego, muy diferente

composición química. Se debe presumir la existencia de un límite de separación entre ambas, denominado interfase, si bien la miscibilidad entre el agua dulce y el agua salada no permite que esta interfase sea neta, sino que, realmente da lugar a una zona de mezcla, de difusión o de transición, de anchura variable que depende esencialmente de las variaciones del nivel piezométrico, del espesor del acuífero y de la permeabilidad del entorno costero.

Con esta premisa, y en situaciones estacionarias normales, la masa de agua salada adquiere la forma de cuña, apoyada en la base del acuífero y con el vértice dirigido tierra adentro (Figura 11).



**Figura 11.-** Composición de los mantos acuíferos costeros y su transición con el medio marino. Fuente: Gutiérrez, Carlos. 2009. Necesidades de desalación de aguas subterráneas.

La determinación de la posición de la interfase se lleva a cabo, tradicionalmente, a partir de medidas piezométricas, aplicando fórmulas más o menos restrictivas cuya aplicabilidad depende de la infraestructura disponible para la obtención de datos básicos.

Las fórmulas más utilizadas son las de Ghyben-Herzberg, Hubbert y Luszczynsky. Las dos primeras teorías tienen en común el considerar inmiscibles el agua dulce y salina pero difieren en la forma de considerar el proceso. Los postulados de

Ghyben-Herzberg consideran el fenómeno como si no hubiera movimiento entre los dos fluidos: el agua dulce y el agua de mar. Se basa en el equilibrio estático de dos columnas de agua de diferente densidad. En este caso se supone que el agua dulce "flota" sobre la salada, separadas ambas por una superficie neta o interfase.

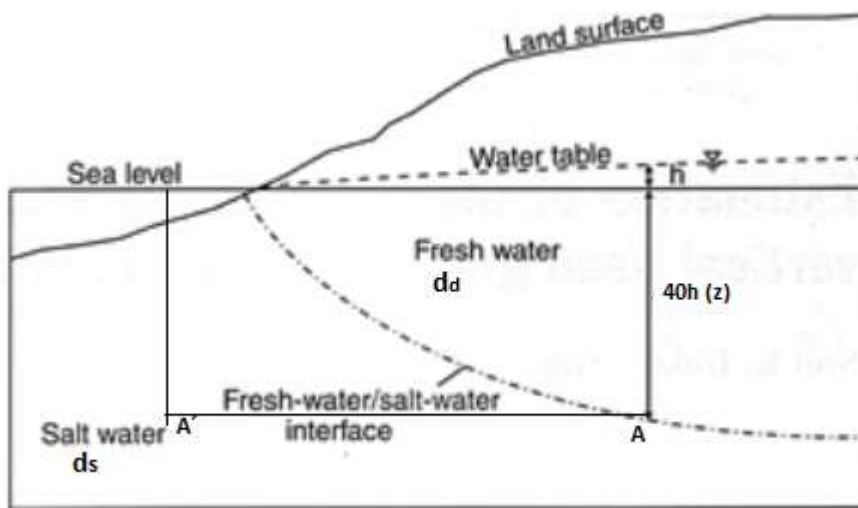
**“Una parte muy importante en un proyecto de este tipo es el poder ubicar con precisión la posición de la interfase entre las aguas dulces y salinas, esto es un elemento crucial para determinar la productividad de los pozos y prevenir de igual forma la afluencia de aguas subterráneas dulces, que finalmente pudieran crear problemas serios por intrusión salina”** (Molerio León, L.F. 2005).

“Para tal estimación, es habitual emplear la relación de Ghyben-Herzberg (Figura 10 (a), en donde se muestra la posición de la interfase teórica) que, en suma, establece que la posición de la interfase puede suponerse multiplicando la elevación de las aguas subterráneas por el factor  $-40 h$ . Sin embargo, esta relación puede subestimar el espesor de agua dulce, al asumir la ausencia de ciertos factores que pueden provocar importantes desviaciones en la relación” (Molerio León, L.F. 2002). “Entre ellos se cuentan la presencia o la ausencia de gradientes verticales, la no-homogeneidad del acuífero, la anisotropía del campo de propiedades físicas e, incluso, el método de perforación de los pozos” (Molerio León, L.F. 2005).

“Para evitar riesgos en los pozos de abastecimiento de la planta desaladora se requiere refinar el modelo conceptual del acuífero en cuestión, y resolver el problema teórico de la posición de la interfase teórica entre las aguas dulces y saladas del litoral para proceder a la captación de estas últimas con condiciones de flujo permanente y estabilidad de su composición química, física y bacteriológica y, especialmente de su salinidad” (Molerio León, L.F. 2005).

“Con independencia de otras aproximaciones a la solución de este problema (Hubbert, 1940; Lusczynski, 1961; Henry, 1964), es común emplear la relación de Ghyben y Herzberg para estimar la posición teórica de la interfase entre el agua

dulce y el agua salada en los acuíferos costeros y en las islas (Figura 12). Sin embargo, en la práctica se identifican importantes desviaciones de esta relación que, en esencia, establece que la profundidad de la interfase se halla a  $-40h$  veces la altura del espejo de agua dulce en la costa” (L.F. Molerio León, 2005).



**Figura 12.-** Posición teórica de la interfase salina de acuerdo a Ghyben-Herzberg. Fuente: Molerio León, L.F. 2002.

“Tradicionalmente, la determinación de la posición de la interfase teórica entre las aguas dulces y saladas ha sido crucial para estimar la productividad de los pozos destinados al abastecimiento con agua dulce en acuíferos costeros y en las islas. La captación de agua salada destinada al suministro a plantas desaladoras, instalaciones balneológicas y a los acuarios, entre otros, también requiere de una estimación de la posición de la interfase teórica a fin de prevenir, en este caso, la afluencia de aguas dulces” (Molerio León, L.F. 2002).

Con independencia de otras aproximaciones a la solución de este problema, es común emplear la relación de Ghyben y Herzberg para estimar la posición teórica de la interfase entre el agua dulce y el agua salada en los acuíferos costeros y en las islas. Sin embargo, en la práctica se identifican importantes desviaciones de esta relación que, en esencia, establece que la profundidad de la interfase se halla a  $-40$  veces por debajo de la altura del espejo de agua dulce en la costa.

“La explotación de las aguas subterráneas en los acuíferos costeros altera el equilibrio dinámico entre las aguas dulces y saladas toda vez que reduce la descarga costera del acuífero. Por lo común esta alteración provoca que el sistema avance hacia una nueva posición de equilibrio con dos alternativas:

- una cuña de intrusión más profunda y a mayor distancia tierra adentro.
- una menor profundidad del agua salada con un incremento del espesor de la zona de transición” (Molerio León, L.F. 2005).

Tomando como referencia la Figura 12 y aplicando la ecuación de Ghyben Herzberg, así como los datos proporcionados por la empresa en el estudio de impacto ambiental para la instalación de la planta desaladora y tomando en consideración que en el proyecto que nos ocupa, hacen mención al anexo 4, en el cual se describen a detalle los estudios realizados para determinar la selección y ubicación del sitio en el cual se instalarían las bombas de alimentación a la planta desaladora, **sin embargo este anexo no se encuentra en el documento puesto a consulta pública, por lo tanto no es posible corroborar la información que pudiera contener.**

Siendo:

- h** cota s.n.m. del agua dulce en la vertical del punto A
- z** profundidad b.n.m. del punto A
- d<sub>d</sub>** peso específico del agua dulce ( 1000 g/cc)
- d<sub>s</sub>** peso específico del agua salada (1025 g/cc)

El equilibrio en el punto A, responde a la ecuación:

$$d_d (h+z) = d_s (z)$$

y, por tanto:

$$z = [d_d / (d_s+d_d)] h \Rightarrow z = (1/\beta)h,$$

$$z = - 40 h$$

Si se aplica la relación de Ghyben-Herzberg en el sitio del proyecto no habría una concordancia entre la parte teórica y lo que se pretende realizar por parte de la empresa que es perforar a 30 metros de profundidad para la extracción del agua salobre. Al respecto es importante destacar que de acuerdo al documento presentado por la empresa, ésta menciona que la interfase salina se ubica a 19 m. de profundidad.

El síntoma más claro de la existencia de intrusión marina es el incremento del contenido salino del agua: un 2% de agua de mar en un agua continental afecta seriamente a la potabilidad y usos agrícolas e industriales, mientras que un 5% la hace prácticamente inutilizable.

En muchas ocasiones para establecer la existencia de un proceso de salinización por intrusión marina se utilizan algunas relaciones iónicas, entre las que destaca la relación  $r_{Cl}/r_{HCO_3^-}$ . Dado que el cloruro prevalece en el agua de mar y que el bicarbonato caracteriza a la mayor parte de las aguas dulces, siendo muy baja su concentración en el agua de mar, el rápido incremento de esta relación es un excelente trazador de la invasión marina. En el agua de mar sus valores oscilan entre 20 y 50, mientras que en las aguas dulces varían en el rango entre 0.1 y 5.0 (Tabla 6 y 7).

**Tabla 6.-** Clasificación de los distintos tipos de agua en función de su contenido de sólidos totales, de acuerdo a la clasificación de Freeze and Cherry (1979):

<b>Clasificación</b>	<b>STD (mg/l)</b>
Agua fresca	0 – 1,000
Agua salobre	1,000 – 10,000
Agua salina	10,000 – 100,000

Clasificación	STD (mg/l)
Salmuera	> 100,000

**Tabla 7.-** Síntesis de los procesos que modifican las estructuras moleculares y como se relacionan con la intrusión salina. Fuente: Chávez Guillen, Rubén. 2007.

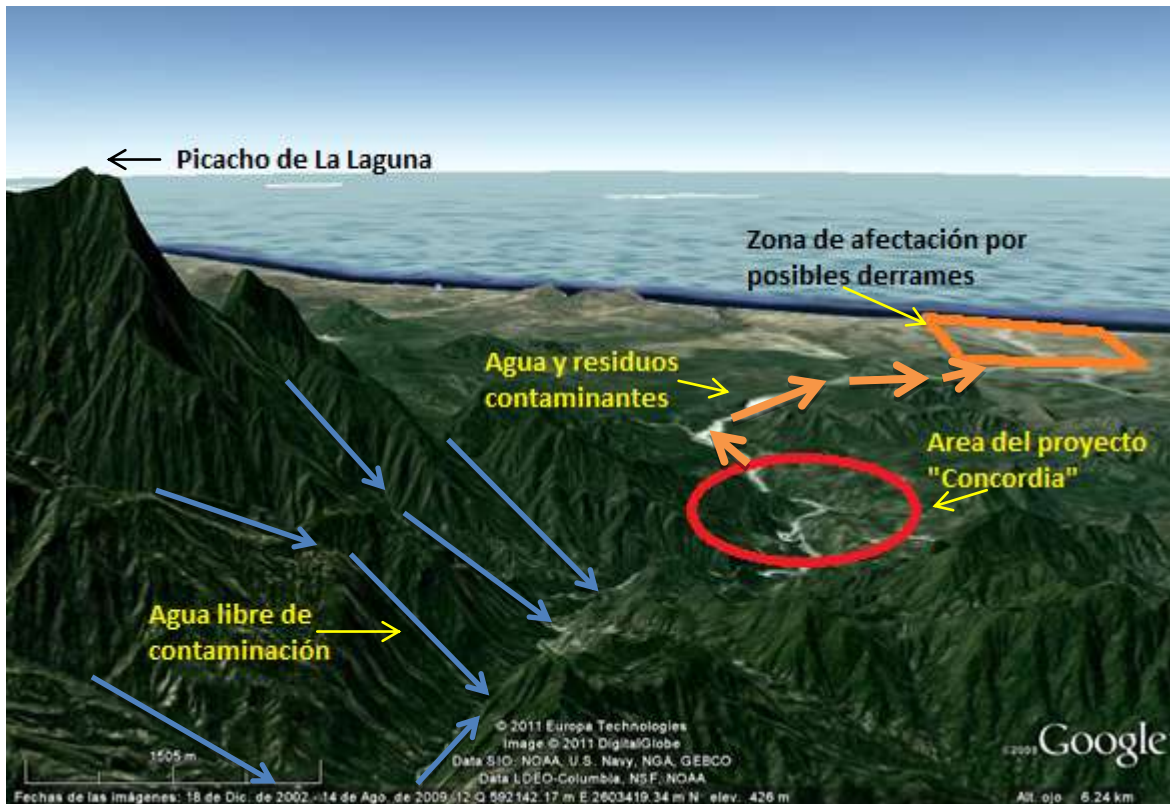
ION	DELTAS (+/-)	PROCESOS QUE PUENEN JUSTIFICAR LOS CAMBIOS	PROCESOS PARALELOS
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Consecutivo		
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	-ΔSO <sub>4</sub> <sup>2+</sup>	- Reducción de sulfatos	- Incremento [HCO <sub>3</sub> ]
	+ΔHSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	- Oxidación de sulfatos	- Disminución [HCO <sub>3</sub> ]
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	-ΔHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	- Precipitación CaCO <sub>3</sub> - Precipitación CaMgCO <sub>3</sub>	- Disminución de [Ca <sup>2+</sup> ]y/o[Mg <sup>2+</sup> ]
	+ΔHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	- Disolución CaCO <sub>3</sub> - Disolución CaMgCO <sub>3</sub>	- Incremento de [Ca <sup>2+</sup> ]y/o[Mg <sup>2+</sup> ]
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	+ΔNO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	- Contaminación agrícola	
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	-ΔCa <sup>2+</sup>	- Cambio iónico directo - Precipitación CaCO <sub>3</sub>	- Incremento [Na <sup>+</sup> ] ([K <sup>+</sup> ], [Mg <sup>2+</sup> ]) - Disminución [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
	+ΔCa <sup>2+</sup>	- Cambio iónico inverso - Disolución CaCO <sub>3</sub>	- Disminución [Na <sup>+</sup> ] ([K <sup>+</sup> ], [Mg <sup>2+</sup> ]) - Incremento [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	+ΔMg <sup>2+</sup>	- Cambio iónico directo/inverso	- Modificación [otros cationes]
		- Sustituye Fe <sup>2+</sup> arcillas ambiente reductor	- Disminución [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]
	-ΔMg <sup>2+</sup>	- Precipitación dolomita	- Disminución [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] - Disminución rMg/rCa
		- Cambio iónico directo/inverso - Disolución dolomita	- Modificación [otros cationes] - Incremento [HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]
<b>Na<sup>+</sup></b>	-ΔNa <sup>2+</sup>	- Cambio iónico inverso	- Incremento de [Ca <sup>2+</sup> ] ([Mg <sup>2+</sup> ])
	+ΔNa <sup>2+</sup>	- Cambio iónico directo	- Disminución de [Ca <sup>2+</sup> ] ([Mg <sup>2+</sup> ])
<b>K<sup>+</sup></b>	-ΔK <sup>+</sup>	- Adsorción minerales arcilla	
		- Cambio iónico inverso acompañando al Na <sup>+</sup>	- Disminución [Na <sup>+</sup> ] e incremento [Ca <sup>2+</sup> ]
	+ΔK <sup>+</sup>	- Cambio iónico directo acompañando al Na <sup>+</sup>	- Incremento [Na <sup>+</sup> ] y disminución [Ca <sup>2+</sup> ]

## Otros posibles impactos al ambiente que pudiera ocasionar el proyecto minero “Concordia” sobre el área sujeta a estudio.

En el documento elaborado por el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), se hace un “Pronóstico de Escenarios bajo Condiciones Hidrometeorológicas Adversas y de Contaminación de la Presa de Jales en la Cuenca La Muela”, el estudio elaborado por el CICIMAR tiene fallas serias de origen, una de ellas radica en que fue elaborado por investigadores especializados en ambientes marinos, los cuales no tienen experiencia o al menos así lo parece, en el análisis de una fase del proyecto que es de suma relevancia en la seguridad que pudiera ofrecer un proyecto minero como el que nos ocupa.

Esto nos da una idea de la irresponsabilidad con la que actúa la empresa minera al poner en manos de investigadores no especialistas en aspectos que tienen que ver con la seguridad que pudiera ofrecer la presa de jales. El análisis para determinar la seguridad de la presa de jales ante posibles daños que pudiera tener, derivados estos por precipitaciones pluviales “normales” y extraordinarias, se toma basados en precipitaciones promedio de 350 mm en cortos períodos de tiempo, esta precipitación es la que se presenta justamente en la zona del proyecto, es decir aproximadamente entre los 400 y 500 metros sobre el nivel del mar, el error radica que la precipitación promedio en las partes altas de la sierra es del orden de los 700 a 800 mm en promedio anual y máximas de 1400 mm en tan solo 4 días, lo que significa que el cálculo realizado ha sido subestimado en un 50% de la precipitación real, esquemáticamente se puede observar en la Figura 13, aunado a, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua la zona en donde se ubica el proyecto y derivado al cambio climático que sufre el planeta la precipitación pluvial se incrementará en el orden de los 150 a 200 mm anuales entre el año 2,000 y 2040 Chávez Guillen, R. 2011, aspectos que no fueron considerados en el análisis efectuado y que de no tomarse en cuenta podrían poner en grave riesgo a los asentamientos humanos y actividades productivas situadas aguas debajo de la presa de jales.



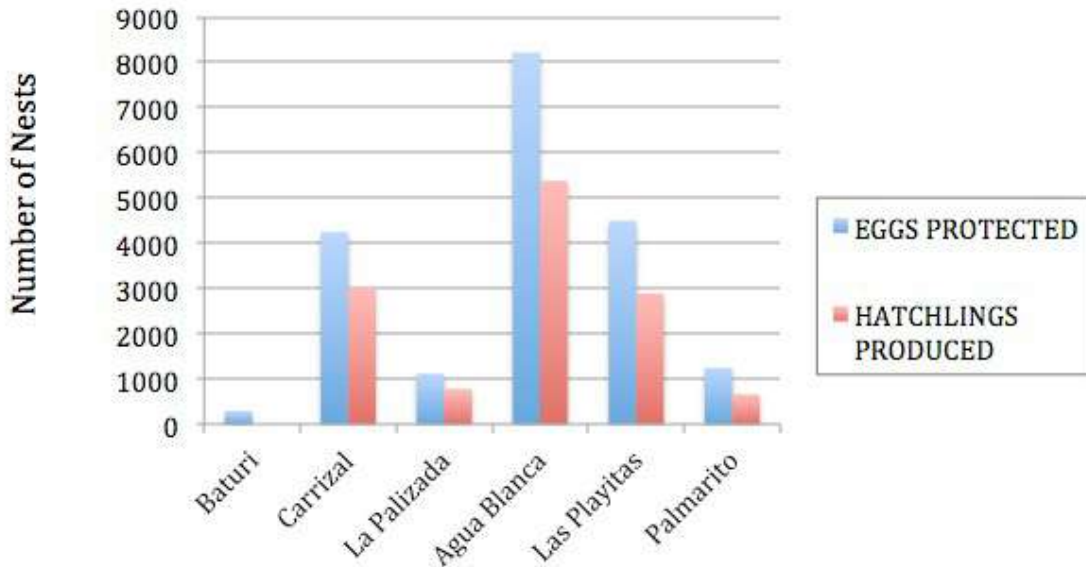


**Figura 13.-** que muestra la zona de afectación en el caso dado que se presentara un accidente por derrames de contaminantes de la presa de jales o bien ruptura de la presa de jales del proyecto minero “Los Cardones”.

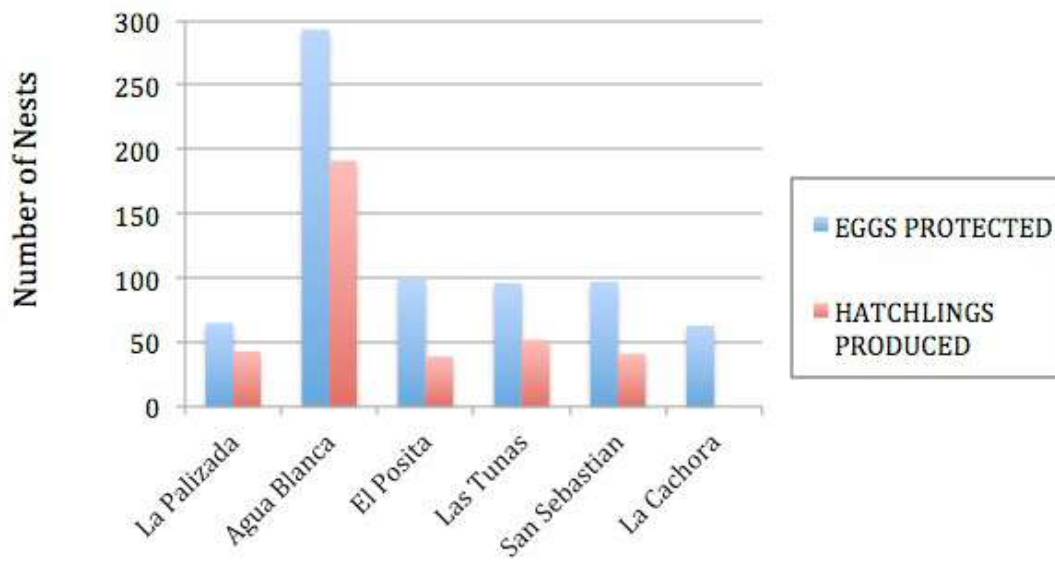
Como se puede observar en la figura anterior, existen fuertes afluentes provenientes en la parte alta de la sierra que desembocan en el arroyo “La Junta”, justamente aguas arriba al proyecto minero de “Los Cardones”.

Por otra parte la zona en donde se pretende instalar la planta desaladora (playa “Las Playitas) corresponde a un **sitio de arribazón de las tortugas marinas de las especies laúd** (*Dermochelys coriacea*) y golfina (*Lepidochelys olivácea*) para depositar sus huevos. Durante la temporada que va de julio de 2011 a enero de 2012 se pudieron registrar la postura de aproximadamente 4,500 huevos de tortuga golfina, de los que eclosionaron aproximadamente 3,000 crías. Respecto a la tortuga laúd en el mismo período de tiempo se registraron en diferentes sitios de Todos Santos (La Palizada, Agua Blanca, La Posita, Las Tunas, San Sebastián y La Cachora) aproximadamente 700 huevos de los que llegaron a eclosionar aproximadamente 340 huevos Wardwell, Laura. 2012. Esto es un ejemplo de la

relevancia para que representa ese sitio, entre otros de la región de Todos Santos para estas dos especies de tortuga marina, las especies de laúd y golfina, la primera de ellas escasa, sin embargo ambas se encuentran catalogada por la NOM-059-SEMARNAT.2010 como en peligro de extinción (Figuras 14 y 15)



**Figura 14.** Sitios de nidación de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), volúmenes de huevos depositados y números de eclosión. Fuente: Wardwell, Laura. 2012.



**Figura 14.** Sitios de nidación de la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), volúmenes de huevos depositados y números de eclosión. Fuente: Wardwell, Laura. 2012.

## Conclusiones

Una vez analizados los documentos, se puede concluir lo siguiente:

- Desde el punto de vista normativo, el proyecto para la construcción de planta desaladora no cuenta con autorizaciones en materia de uso y aprovechamiento de recursos naturales (aguas nacionales), ni los que implican las aguas de rechazo. Se infiere que no se tienen las autorizaciones antes señaladas debido a que no se mencionan o anexan en el documento presentado por la empresa.
- De llevarse a cabo el proyecto en el sitio planteado, entraría en conflicto con el uso actual que se tiene en el área que es de tipo agrícola y residencial rústico, por lo tanto las autoridades de los tres niveles de gobierno deberían tomar en consideración esta observación. El agua de mar y la zona costera son bienes públicos que deben ser protegidos para el beneficio de la población, bajo estrictos principios de sustentabilidad.
- La plusvalía de los terrenos colindantes al proyecto perderán su valor comercial.
- Exposición a niveles altos de ruido en la zona de influencia de la planta desaladora y la operación de las cuatro bombas durante las 24 horas del día, aspecto que no es mencionado en las manifestaciones de impacto ambiental presentadas.
- Existen riesgos ante explosiones o fuga de sustancias químicas peligrosas.
- Demeritación de un paisaje que puede ser destinado a fines más nobles y productivos.

- Afectará una importante zona de arribazón de tortuga marina (golfinia y laúd), nidación y eclosión de sus huevos, violando además las disposiciones normativas que tienen que ver con su conservación.
- Interferiría en el acceso a un sitio recreativo.
- Se requiere un análisis detallado de las corrientes marinas (superficiales, medio fondo y fondo) de la zona de descarga del proyecto con períodos de medición continua por un año, de tal forma que se cuente con la información detallada del ciclo estacional (primavera, verano, otoño e invierno) completo, en aspectos tales como velocidad y sentido de las corrientes, presencias o no de surgencias o afloramientos de fondo, entre otras cosas. La empresa únicamente se basó en modelos sin especificar fechas y períodos de muestreo.
- Se requiere cuando menos un muestreo mensual de las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua oceánicos en diferentes estratos, superficial, medio fondo y fondo, esto con el propósito de conocer la calidad inicial del cuerpo de agua receptor de la salmuera y demás contaminantes que serían depositados allí.
- Se hace necesario contar con un análisis detallado de tipo cualitativo y cuantitativo de los organismos planctónicos, pelágicos y bentónicos que se distribuyen en la zona de influencia del proyecto, estos análisis deberán cubrir un ciclo de un año, con muestreos quincenales o en el extremo de los casos mensuales. Esto con el propósito de conocer la abundancia poblacional y distribución a lo largo del año de los organismos marinos que ahí habitan, debido a que particularmente los organismos planctónicos y bentónicos que ahí se encuentran serían los más afectados dada su baja o nula movilidad.

- Hacer una descripción detallada de las condiciones físicas y biológicas del fondo marino en la zona de influencia de la descarga de salmuera.
- **El acuífero está ubicado en una zona de veda, lo que impide la autorización para futuras perforaciones.** Los volúmenes de extracción de agua de los pozos playeros que rondan en aproximadamente 20, millones de litros diarios afectarían irremediablemente los pozos agrícolas (8) y de consumo humano (2) que se ubican en el área de influencia, la intrusión salina sería un efecto con características irreversibles en un período corto de tiempo.
- **Que hasta el año 2008 el acuífero se ha mantenido en equilibrio.**
- Que la porción baja del acuífero en el que el pozo ZA-43" El Chapingo" muestra evidencias de niveles de extracción por debajo del nivel del mar y, por tanto, indicios de inversión del gradiente hidráulico, lo que puede ser el principio de la intrusión marina, aspecto que se agravará con la operación de las cuatro bombas playeras.
- Que la calidad del agua de los pozos está catalogada como C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> (salinidad baja y baja en sodio) y C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> (salinidad media y media en sodio).
- La familia del agua que predomina la sódico-clorurada, que indica la influencia de sales de origen marino, especialmente en la porción más próxima a la costa.
- Previo a la operación de los pozos para la extracción del agua de mar, deberán realizarse estudios de conductividad hidráulica y pruebas de bombeo, donde se determine el alcance del cono de abatimiento y el cono de ascensión, y se compruebe la imposibilidad real de afectación a los pozos cercanos.

- Monitorear el nivel estático y dinámico de los pozos ubicados en la zona de influencia, así como la calidad del agua.
- Es importante tener un conocimiento preciso de las tasas contemporáneas de recarga de los acuíferos, esto es fundamental para la sustentabilidad del aprovechamiento de los recursos de agua subterránea. Además, es esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos comprender los mecanismos de recarga de los acuíferos y su interacción con el uso del suelo. Por lo anterior es necesario el realizar un análisis Hidrogeológico que Permita conocer las características hidráulicas del acuífero, su geometría, funcionamiento, balance y todos aquellos aspectos que contribuyan al mejor conocimiento del acuífero.
- Llevar a cabo estudios de tipo Hidrogeoquímicos e Isotópicos, los cuales constituyen una herramienta básica, que complementa la los resultados que se obtengan con los análisis hidrogeológicos. Con ello se buscaría elaborar mapas de isocontenidos o diagramas temporales; asimismo se pueden determinar índices hidrogeoquímicos. Los isotópicos son muy importantes pues dan información sobre el área de recarga, grado de mezcla, edad absoluta, etc.

**Aspectos legales cuyo cumplimiento no se especifica en la documentación analizada, o que las menciones efectuadas no parecen satisfacer los ordenamientos de ley.**

## **Ley de Aguas Nacionales**

### **Reglamento:**

**ARTICULO 30.-** Conjuntamente con la solicitud de concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales se solicitará, en su caso: el permiso de descarga de aguas residuales, el permiso para la realización de las obras que se requieran para el aprovechamiento del agua y la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos o zonas federales a cargo de "La Comisión"...

Lo anterior sin perjuicio, de que conforme a la "Ley" y al presente "Reglamento", cuando ya exista concesión o asignación de agua se pueda solicitar por separado el permiso de descarga. Igualmente, por separado se podrán solicitar las concesiones que se requieran para la explotación, uso o aprovechamiento de cauces, vasos y zonas federales o de los materiales de construcción contenidos en los mismos.

## **Capítulo IV**

### **Uso en Otras Actividades Productivas**

**ARTICULO 124.-** Para la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de las aguas en zonas de veda o reglamentadas, distintas a las provenientes del laboreo de las minas, así como respecto de las aguas superficiales comprendidas dentro del lote que ampare una concesión minera, se estará a lo establecido por los artículos 42, 43 y 82 de la "Ley". Se entiende por aguas provenientes del laboreo de las minas, aquéllas del subsuelo que necesariamente deban extraerse para permitir la realización de obras y trabajos de exploración y explotación.

**Los titulares de concesiones mineras o sus causahabientes, que aprovechen las aguas a que se refiere el párrafo anterior, estarán obligados a:**

I. Obtener el permiso de descarga de aguas residuales en cuerpos receptores que sean bienes Nacionales;

II. Cumplir con las normas oficiales mexicanas para presas de jales, y

III. Poner a disposición de "La Comisión" el agua sobrante o disponible después del uso o aprovechamiento que se realice, con base en los derechos que confieren tales concesiones.

## TITULO SEPTIMO

### Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

#### Capítulo Único

**ARTICULO 133.-** Para los efectos de las fracciones IV, V y VII, del artículo 86 de la "Ley", "La Comisión" ejercerá las facultades que corresponden a la autoridad federal en materia de prevención y control de la contaminación del agua, conforme a lo establecido en la propia "Ley" y en este "Reglamento", así como en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, excepto aquéllas que conforme a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y otras disposiciones legales, estén atribuidas a otra dependencia.

**ARTICULO 134.-** Las personas físicas o morales que exploten, usen o aprovechen aguas en cualquier Uso o actividad, están obligadas, bajo su responsabilidad y en los términos de ley, a realizar las medidas necesarias para prevenir su contaminación y en su caso para reintegrarlas en condiciones adecuadas, a fin de permitir su utilización posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas.

**ARTICULO 135.-** Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la "Ley", deberán:

I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales que les expida "La Comisión", o en su caso, presentar el aviso respectivo a que se refiere la "Ley" y este Reglamento;



- II.** Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando esto sea necesario para cumplir con las obligaciones establecidas en el permiso de descarga correspondiente;
- III.** Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la Nación como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;
- IV.** Instalar y mantener en buen estado, los dispositivos de aforo y los accesos para muestreo que permitan verificar los volúmenes de descarga y las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;
- V.** Informar a "La Comisión" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales que hubieran servido para expedir el permiso de descarga correspondiente;
- VI.** Hacer del conocimiento de "La Comisión", los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados originalmente en las condiciones particulares de descarga que se les hubieran fijado;
- VII.** Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores;
- VIII.** Sujetarse a la vigilancia y fiscalización que para el control y prevención de la calidad del agua establezca "La Comisión", de conformidad con lo dispuesto en la "Ley" y el "Reglamento";
- IX.** Llevar un monitoreo de la calidad de las aguas residuales que descarguen o infiltren en los términos de ley y demás disposiciones reglamentarias;

**ARTICULO 146.-** Cuando para el cumplimiento de la obligación legal de tratar aguas residuales, se Contraten o utilicen los servicios de empresas que realicen dicha actividad, estas últimas serán las que soliciten el permiso de descarga de aguas residuales y cumplirán con lo dispuesto en este Capítulo, siempre que utilicen bienes nacionales como cuerpos receptores de las descargas de las plantas de tratamiento respectivas.

En el caso del párrafo anterior, las personas físicas o morales que contraten o utilicen los servicios mencionados, serán, conforme a la ley, solidariamente responsables con las empresas que traten aguas residuales del cumplimiento de lo dispuesto en la "Ley" y el presente "Reglamento" en materia de control y prevención de la calidad de las aguas. Independientemente de lo anterior, si antes de llegar a la planta de tratamiento, se descargan aguas residuales a corrientes o depósitos de aguas nacionales, se deberá contar con el permiso de descarga respectivo.

**ARTICULO 154.-** "La Comisión", en el ámbito de su competencia, realizará un monitoreo sistemático y permanente de la calidad de las aguas nacionales continentales, y establecerá y mantendrá actualizado el sistema nacional de información de la calidad del agua a partir de:

I. Los estudios y el monitoreo de la calidad de las aguas continentales y marinas, que se lleven a cabo en los términos previstos en la "Ley" y el presente "Reglamento";

II. El inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales, y

III. El inventario nacional de descargas de aguas residuales que llevará "La Comisión". En los casos de aguas de jurisdicción local, "La Comisión" se coordinará con las autoridades de los estados y municipios.

**ARTICULO 155.-** Para la preservación de los humedales, que se vean afectados por los regímenes de las corrientes de aguas nacionales, "La Comisión" tendrá las siguientes atribuciones:

I. Delimitar y llevar el inventario de los humedales en bienes nacionales o de aquéllos inundados por aguas nacionales, cuando tal característica los convierta en un ecosistema acuático o hidrológico que conforme a la "Ley", requiere de su preservación;

II. Promover, en los términos de "Ley" y del artículo 78, fracción IV, del presente "Reglamento", las reservas de aguas nacionales o la reserva ecológica conforme a la ley de la materia, que en su caso requiera la preservación de los humedales;

III. Expedir las condiciones particulares obligatorias para preservar, proteger y, en su caso, restaurar los humedales y no afectar la calidad de las aguas nacionales que los alimenten, ni el ecosistema acuático o hidrológico o los panoramas escénicos, turísticos y recreativos que forman parte de los mismos;

IV. Promover y, en su caso, realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar las condiciones hidrológicas y el ecosistema, y

V. Otorgar permisos para desecar terrenos en humedales cuando se trate de aguas y bienes nacionales a cargo de "La Comisión", con fines de protección o para prevenir daños a la salud pública, cuando no competan a otra dependencia.

Para el ejercicio de las atribuciones a que se refiere el presente artículo, "La Comisión" se coordinará con las demás autoridades que deban intervenir o participar en el ámbito de su competencia.

**ARTICULO 156.-** Con el objeto de apoyar la prevención y control de la contaminación del agua, "La Comisión" podrá:

I. Promover ante las autoridades educativas, la incorporación de programas educativos para orientar sobre la prevención y control de la contaminación del agua y su aprovechamiento racional;

II. Fomentar que las asociaciones, colegios de profesionistas y cámaras de la industria y el comercio, así como otros organismos afines, orienten a sus

miembros sobre el uso de métodos y tecnologías que reduzcan la contaminación del agua y aseguren su aprovechamiento racional, y

III. Apoyar estudios e investigaciones encaminados a generar conocimientos y tecnologías que permitan la prevención y control de la contaminación del agua y su aprovechamiento racional.

## **Ley de Aguas Nacionales**

### **Titulo cuarto derechos DE explotación, uso O aprovechamiento DE aguas**

**Artículo 17.** Es libre la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales superficiales por medios manuales para uso doméstico conforme a la fracción IV del Artículo 3 de esta ley, siempre que no se desvíen de su cauce ni se produzca una alteración en su calidad o una disminución significativa en su caudal, en los términos de la reglamentación aplicable.

**No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas interiores y del mar territorial, para su explotación, uso o aprovechamiento, salvo aquellas que tengan como fin la desalinización, las cuales serán objeto de concesión.**

**Artículo 86.** "La autoridad del agua" tendrá a su cargo, en términos de ley:

IV. Establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga que deben satisfacer las aguas residuales, de los distintos usos y usuarios, que se generen en:

A. Bienes y zonas de jurisdicción federal;

B. Aguas y bienes nacionales;

C. Cualquier terreno cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos, y

D. Los demás casos previstos en la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente y en los reglamentos de la presente ley;

**V.** Realizar la inspección y verificación del cumplimiento de las disposiciones de las normas oficiales mexicanas aplicables, para la prevención y conservación de la calidad de las aguas nacionales y bienes señalados en la presente ley;

**Vi.** Autorizar en su caso, el vertido de aguas residuales en el mar, y en coordinación con la secretaria de marina cuando provengan de fuentes móviles o plataformas fijas;

**Artículo 86 bis 1.** Para la preservación de los humedales que se vean afectados por los regímenes de flujo de aguas nacionales, "La Comisión" actuará por medio de los organismos de cuenca, o por sí, en los casos previstos en la fracción IX del Artículo 9 de la presente Ley, que quedan reservados para la actuación directa de "La Comisión". Para tales efectos, tendrá las siguientes atribuciones:

**I.** Delimitar y llevar el inventario de los humedales en bienes nacionales o de aquellos inundados por aguas nacionales;

**II.** Promover en los términos de la presente ley y sus reglamentos, las reservas de aguas nacionales o la reserva ecológica conforme a la ley de la materia, para la preservación de los humedales;

**III.** Proponer las normas oficiales mexicanas para preservar, proteger y, en su caso, restaurar los humedales, las aguas nacionales que los alimenten, y los ecosistemas acuáticos e hidrológicos que forman parte de los mismos;

**IV.** Promover y, en su caso, realizar las acciones y medidas necesarias para rehabilitar o restaurar los humedales, así como para fijar un entorno natural o perímetro de protección de la zona húmeda, a efecto de preservar sus condiciones hidrológicas y el ecosistema, y

**V.** Otorgar permisos para desecar terrenos en humedales cuando se trate de aguas y bienes nacionales a su cargo, con fines de protección o para prevenir daños a la salud pública, cuando no competan a otra dependencia.

Para el ejercicio de las atribuciones a que se refiere el presente artículo, "La Comisión" y los organismos de cuenca se coordinaran con las demás autoridades que deban intervenir o participar en el ámbito de su competencia.

**Artículo 86 bis 2.** Se prohíbe arrojar o depositar en los cuerpos receptores y zonas federales, en contravención a las disposiciones legales y reglamentarias en materia ambiental, basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cuerpos receptores, así como aquellos desechos o residuos considerados peligrosos en las normas oficiales mexicanas respectivas. Se sancionara en términos de ley a quien incumpla esta disposición.

**Artículo 87.** "La autoridad del agua" determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que estos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de declaratorias de clasificación de los cuerpos de aguas nacionales, las cuales se publicaran en el diario oficial de la federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia.

Las declaratorias contendrán:

- I. La delimitación del cuerpo de agua clasificado;
- II. Los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los periodos previstos en el reglamento de esta ley;
- III. La capacidad del cuerpo de agua clasificado para diluir y asimilar contaminantes, y
- IV. Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

**Artículo 88.** Las personas físicas o morales requieren permiso de descarga expedido por "la autoridad del agua" para verter en forma permanente o

intermitente aguas residuales en cuerpos receptores que sean aguas nacionales o demás bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o los acuíferos.

**Artículo 88 bis.** Las personas físicas o morales que efectúen descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a que se refiere la presente Ley, deberán:

- I. Contar con el permiso de descarga de aguas residuales mencionado en el artículo anterior;
- II. Tratar las aguas residuales previamente a su vertido a los cuerpos receptores, cuando sea necesario para cumplir con lo dispuesto en el permiso de descarga correspondiente y en las normas oficiales mexicanas;
- III. Cubrir, cuando proceda, el derecho federal por el uso o aprovechamiento de bienes de propiedad nacional como cuerpos receptores de las descargas de aguas residuales;
- IV. Instalar y mantener en buen estado, los aparatos medidores y los accesos para el muestreo necesario en la determinación de las concentraciones de los parámetros previstos en los permisos de descarga;
- V. Hacer del conocimiento de "la autoridad del agua" los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados en las condiciones particulares de descarga fijadas;
- VI. Informar a "la autoridad del agua" de cualquier cambio en sus procesos, cuando con ello se ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de las aguas residuales contenidas en el permiso de descarga correspondiente;
- VII. Operar y mantener por sí o por terceros las obras e instalaciones necesarias para el manejo y, en su caso, el tratamiento de las aguas residuales, así como para asegurar el control de la calidad de dichas aguas antes de su descarga a cuerpos receptores;

- VIII.** Conservar al menos por cinco años el registro de la información sobre el monitoreo que realicen;
- IX.** Cumplir con las condiciones del permiso de descarga correspondiente y, en su caso, mantener las obras e instalaciones del sistema de tratamiento en condiciones de operación satisfactorias;
- X.** Cumplir con las normas oficiales mexicanas y en su caso con las condiciones particulares de descarga que se hubieren fijado, para la prevención y control de la contaminación extendida o dispersa que resulte del manejo y aplicación de sustancias que puedan contaminar la calidad de las aguas nacionales y los cuerpos receptores;
- XI.** Permitir al personal de "la autoridad del agua" o de "la procuraduría", conforme a sus competencias, la realización de:
- A.** La inspección y verificación de las obras utilizadas para las descargas de aguas residuales y su tratamiento, en su caso;
  - B.** La lectura y verificación del funcionamiento de los medidores u otros dispositivos de medición;
  - C.** La instalación, reparación o sustitución de aparatos medidores u otros dispositivos de medición que permitan conocer el volumen de las descargas, y
  - D.** El ejercicio de sus facultades de inspección, comprobación y verificación del cumplimiento de las disposiciones de esta ley y sus reglamentos, así como de los permisos de descarga otorgados;
- XII.** Presentar de conformidad con su permiso de descarga, los reportes del volumen de agua residual descargada, así como el monitoreo de la calidad de sus descargas, basados en determinaciones realizadas por laboratorio acreditado conforme a la ley federal sobre metrología y normalización y aprobado por "la autoridad del agua";
- XIII.** Proporcionar a "la procuraduría", en el ámbito de sus respectivas competencias, la documentación que le soliciten;
- XIV.** Cubrir dentro de los treinta días siguientes a la instalación, compostura o sustitución de aparatos o dispositivos medidores que hubiese realizado "la autoridad del agua", el monto correspondiente al costo de los mismos, que tendrá el carácter de crédito fiscal, y



**XV.** Las demás que señalen las leyes y disposiciones reglamentarias aplicables.

Cuando se considere necesario, "la autoridad del agua" aplicara en primera instancia los limites máximos que establecen las condiciones particulares de descarga en lugar de la norma oficial mexicana, para lo cual le notificara oportunamente al responsable de la descarga.

**Artículo 92.** "La autoridad del agua" ordenara la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales, cuando:

**I.** No se cuente con el permiso de descarga de aguas residuales en los términos de esta ley;

**II.** La calidad de las descargas no se sujete a las normas oficiales mexicanas correspondientes, a las condiciones particulares de descarga o a lo dispuesto en esta ley y sus reglamentos;

**III.** Se omita el pago del derecho por el uso o aprovechamiento de bienes nacionales como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales durante más de un año fiscal;

**IV.** El responsable de la descarga, contraviniendo los términos de ley, utilice el proceso de dilución de las aguas residuales para tratar de cumplir con las normas oficiales mexicanas respectivas o las condiciones particulares de descarga, y

**V.** Cuando no se presente cada dos años un informe que contenga los análisis e indicadores de la calidad del agua que descarga.

La suspensión será sin perjuicio de la responsabilidad civil, penal o administrativa en que se hubiera podido incurrir.

Cuando exista riesgo de daño o peligro para la población o los ecosistemas, "la autoridad del agua" a solicitud de autoridad competente podrá realizar las acciones y obras necesarias para evitarlo, con cargo a quien resulte responsable.

**Artículo 93.** Son causas de revocación del permiso de descarga de aguas residuales:

- I. Efectuar la descarga en un lugar distinto del autorizado por "la autoridad del agua";
- II. Realizar los actos u omisiones que se señalan en las fracciones II, III y IV del artículo anterior, cuando con anterioridad se hubieren suspendido las actividades del permisionario por "la autoridad del agua" por la misma causa, o
- III. La revocación de la concesión o asignación de aguas nacionales, cuando con motivo de dicho título sean estas las únicas que con su explotación, uso o aprovechamiento originen la descarga de aguas residuales.

Cuando proceda la revocación, "la autoridad del agua" previa audiencia con el interesado, dictará y notificará la resolución respectiva, la cual deberá estar debidamente fundada y motivada.

El permiso de descarga caducara cuando caduque el título de concesión o asignación que origina la descarga.

**Artículo 94 bis.** Previo otorgamiento o renovación de permisos, incluyendo los de descarga, concesiones y asignaciones de los generadores de contaminación, además de cumplir con las normas oficiales mexicanas relativas a descargas de aguas residuales, el interesado deberá presentar ante "la autoridad del agua", un análisis físico, químico y orgánico de las aguas de las fuentes receptoras en puntos inmediatamente previos a la descarga. Dicha información servirá para conformar el registro de control de contaminación por fuentes puntuales y evaluar la calidad ambiental de la fuente, su capacidad de asimilación o autodepuración y soporte

**Artículo 112.** La prestación de los distintos servicios administrativos por parte de "La Comisión" o de sus organismos de cuenca y la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, incluyendo las del subsuelo, así como de los bienes nacionales que administre "La Comisión", motivara el pago por parte del usuario de las cuotas que establezca la ley federal de derechos.

La explotación, uso o aprovechamiento de bienes del dominio público de la nación como cuerpos receptores de descargas de aguas residuales motivara el pago del derecho que establezca la ley federal de derechos.

El pago es independiente del cumplimiento de lo dispuesto en esta ley sobre la prevención y control de la calidad del agua; de lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; y en la Ley General de Salud.

Esta obligación incluye a los bienes nacionales y sus servicios que estén coordinados para administración de los cobros de derechos, con los gobiernos de los estados, distrito federal o municipios en los términos de la Ley de Coordinación Fiscal y la propia Ley Federal de Derechos.

**Artículo 119.** "La autoridad del agua" sancionara conforme a lo previsto por esta ley, las siguientes faltas:

**I.** Descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en contravención a lo dispuesto en la presente ley en cuerpos receptores que sean bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o el acuífero;

**XIV.** Arrojar o depositar cualquier contaminante, en contravención a las disposiciones legales, en ríos, cauces, vasos, lagos, lagunas, esteros, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, o infiltrar materiales y sustancias que contaminen las aguas del subsuelo;

# **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA)**

## **Sección V**

### **Evaluación del Impacto Ambiental**

**Artículo 28.-** La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Para ello, en los casos en que determine el Reglamento que al efecto se expida, quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

I.- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos;

### **Normas y Gestión para el Vertimientos en el Mar**

#### **Normas y Gestión para Autorizar el Vertimiento de Derechos y Otras Materias al Mar**

Por acuerdo presidencial la Secretaría de Marina-Armada de México, fue designada como autoridad competente, para el ejercicio de todas y cada una de las funciones contenidas en el Convenio Internacional para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias (DUMPING/72) y para el cumplimiento de las obligaciones que se derivan de citado Convenio se expidió, el REGLAMENTO PARA PREVENIR Y CONTROLAR LA CONTAMINACIÓN DEL MAR POR VERTIMIENTO DE DESECHOS Y OTRAS MATERIAS (publicado en el Diario Oficial de la Federación el martes 23 de enero de 1979), el cual tiene por objeto controlar las descargas de dichos vertimientos, quedando sujeto a los

principios, requisitos y condiciones que se establecen para prevenir el riesgo y el daño que se puede ocasionar al equilibrio ecológico, que es el fundamento legal para emitir las Normas para autorizar el vertimiento de desechos y otras materias al mar.

Para lo cual La persona física o moral que requiera verter desechos u otras materias en el mar, deberá gestionar oficialmente ante la Comandancia del Mando Naval que corresponda solicitud de permiso firmada por el interesado, con 30 días hábiles de anticipación a la fecha contemplada para realizar el vertimiento, adjuntado la siguiente documentación

**I.-** Oficio de solicitud dirigido al Comandante del Mando Naval que corresponda.

**II.-** [Formato“H”](#) del “Manual de Procedimientos para la Inspección y Aplicación de Sanciones en la Prevención y Control de la Contaminación Marina”, firmado por el interesado y por el responsable de las operaciones del vertimiento, debidamente requisitado, en el que se especificará entre otros aspectos la situación geográfica, profundidad del agua y distancia a la costa más cercana de la zona de vertimiento, caracterización, composición, forma, volumen y método de eliminación del desecho o materia, fecha de inicio y finalización de las operaciones de vertimiento. En caso de material de dragado, además de lo establecido en el Formato “H” se dará información completa sobre características de la draga que va a verter el material en el mar.

**III.-** Oficio de Autoridad Municipal, en donde justifique haber agotado otras alternativas para depositar o disponer el material en tierra y demostrar la necesidad de efectuar el vertimiento de los desechos en el mar.

**IV.-** Documento original con los resultados de los análisis correspondientes a la caracterización de los desechos o materia, realizado por laboratorios certificados ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. (EMA),

**V.-** De acuerdo a lo establecido en el Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias, esta Secretaría de Marina, debe considerar los dictámenes técnicos sobre la zona de vertimiento de las Instituciones o Dependencias que por sus atribuciones puedan determinar la factibilidad o improcedencia del vertimiento al mar. Los dictámenes técnicos requeridos son de las siguientes instituciones:

**1.-** Dictamen técnico de la Secretaría de Salud en donde determinará si el desecho vertido considerando sus características físicas, químicas, biológicas o toxicológicas, o el casco que se pretende verter en el mar causaran efectos directos o indirectos en la salud humana.

**2.-** Dictamen técnico de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de sus Órganos Desconcentrados, sobre los posibles efectos o impacto que causará el vertimiento de los desechos o del casco en la zona de tiro propuesta a corto, mediano o largo plazo, de acuerdo a la caracterización del material, a la capacidad de asimilación del cuerpo receptor y a los efectos sinérgicos en la columna de agua y sedimento (Autorización del Estudio de Impacto Ambiental).

**3.-** Dictamen técnico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con relación a la posible interferencia que pudieran ocasionar las operaciones de dragado y de vertimiento, o la operación de vertimiento y el vertimiento en sí del casco, al tráfico marítimo del área.

**VI.-** Si la solicitud se trata de embarcaciones (cascos), el solicitante deberá coordinar la conformación de un comité que certifique la limpieza y no contaminación del casco, integrado con personal idóneo que tenga a bien designar las Secretarías de Salud (SSA), de Comunicaciones y Transportes (SCT), de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la de Marina (SEMAR), para la expedición de una "Certificación libre de contaminantes del casco, firmado por los integrantes de citado comité.

**VII.-** El solicitante realizara el pago de Derechos por medio de la Forma 16 del SAT,

debiendo solicitar al Departamento de Coordinación de Programas Contra la Contaminación adscrito al Mando Naval, el monto correspondiente por el concepto de: Trámite, estudio y autorización de vertimiento en el mar de desechos y otras materias (incluyendo el 15% de IVA.), clave 600057.

**VIII.-** En caso que la empresa solicite prórroga, deberá hacerlo y justificarlo por escrito ante el Mando Naval que gestione el trámite, con 30 días hábiles de antelación a la fecha de vencimiento; asimismo ese Mando Naval deberá extender al solicitante una certificación que avale el cumplimiento de las condicionantes establecidas en la última autorización de vertimiento en el mar de desechos y otras materias, en caso contrario no procederá dicha gestión.

**IX.-** La empresa solicitará al Mando Naval que a través del Departamento de Protección al Medio Ambiente Marino de los Institutos o Estaciones de Investigación Oceanográfica que corresponda de acuerdo a la cobertura geográfica de cada una, la coordinación pertinente a fin de que se determine la zona de tiro para el vertimiento solicitado.

**X.-** Al revisar la documentación recibida y no se encuentre completa y/o debidamente requisitada, no se dará trámite alguno a nivel Central.

El Mando Naval correspondiente le comunicará por medio de oficio al interesado la resolución a su gestión solicitada, en caso de no ser favorable, se le informará el motivo por el cual no se autorizó, pudiendo ser la presencia de compuestos tóxicos con valores que sobrepasen los límites máximos permisibles, que experimenten cambios físicos, químicos y bioquímicos y de interacción en el medio marino, que resulten ser biodisponibles y bioacumulables para los organismos marinos, que sus resultados no sean confiables, falta de documentación o documentación no vigente, entre otros.

## **Bibliografía consultada**

Chávez Guillen, R. 2011. Las Aguas Subterráneas y el Cambio Climático en México. Comisión Nacional del Agua. Simposio Las Ciencias de la Tierra en el Estudio del Agua Subterránea. 37 pp.

CICIMAR-IPN. (S/F). Pronóstico de escenarios bajo condiciones hidrometeorológicas adversas y de contaminación en la presa de Jales, en la Cuenca La Muela, B.C.S. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional. 54 pp.

CONAGUA. 2009. Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero 0312 Cañada Honda, Estado de Baja California Sur. Comisión Nacional del Agua. 25 pp.

Correa Díaz Felipe. 2007. Evaluación de la Sustentabilidad en la Instalación de Plantas Desaladoras de Agua de Mar, en la Región Noroeste de México. Tesis Doctoral. Universidad de las Palmas, Gran Canarias. España.

Dell'Amico Rodríguez, J.M., Morales Guevara, D. y Calaña Naranjo, J.M. 2011. Monitoreo de la Calidad del Agua para Riego de Fuentes de Abasto Subterráneas en la Parte Alta del Nacimiento de la Cuenca Almendras-Vento. Ministerio de Educación Superior-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Revista Cultivos Tropicales, Vol. 32, No. 4. Cuba. p. 49-59.

Desarrollo Zepal. 2013. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del Proyecto Minero "Los Cardones" (Documento para Consulta Pública publicado por SEMARNAT). Desarrollo Zepal, S.A. de C.V. 984 pp.

DOF. 1954. Acuerdo que establece el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, declarando de utilidad pública la construcción de las obras que lo forman". Publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 2 de julio de 1954.

DOF. 1954. Decreto que establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la región meridional del Territorio Sur de Baja California" Diario Oficial de la Federación (DOF) el 6 de julio de 1954.

Grael C. Eduardo, Vera M. Irany y González Hita Luis. 2005. Dinámica de la interfase salina y calidad del agua en la costa nororiental de Yucatán. Revista Latino-Americana de Hidrogeología, v.5, p. 39-48.

Gutiérrez, Carlos. 2009. Necesidades de desalación de aguas subterráneas. Coloquio Agua y Energía. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-Comisión Nacional del Agua.



Márquez, René. 1996. Las Tortugas Marinas en Nuestro Tiempo. Fondo de Cultura Económica. Página de internet (28 de diciembre de 2013) [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/html/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/html/sec_9.htm)

Molerio León, L.F. 2002. Desviaciones en la estimación de la profundidad de la interfase agua dulce-agua salada en acuíferos cársicos costeros. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXIII, No. 3,

Molerio León, L.F. 2005.- Recuperación de un campo de pozos para suministro de agua salada en un acuífero cársico litoral. Especialista Principal, CESIGMA, S.A. N. Herrera Yanes Unidad de Investigación de la Construcción de Ciudad de La Habana, Ministerio de la Construcción.

Procesos de salinización. <http://www.agua.uji.es/pdf/leccionHQ23.pdf>

Riesgo de sodificación: <http://www.miliarium.com>

Imágenes de intrusión salina por efectos de bombeo de agua en zonas costeras. <http://zchelenk.wordpress.com/2011/04/16/intrusi-air-laut/>

Olías, M., Cerón, J.C. y Fernández, I. 2005. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). Departamento de Geodinámica y Paleontología. Universidad de Huelva. Campus "El Carmen". GEOGACETA No. 37. 111-113 p.

Stephen Foster, Albert Tuinhof, Karin Kemper, Héctor Garduño, Marcella Nanni. 2002-2006. Caracterización de Sistemas de Agua Subterránea conceptos clave e ideas erróneas frecuentes. Banco Mundial-GWP.

VITLIQ S. A. de C. V. 2011. Estudio de impacto ambiental con solicitud de cambio de uso de suelo proyecto planta desalinizadora "Las Playitas". Documento para consulta pública presentado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 248 pp.

VWS MÉXICO, S.A. DE C.V. 2010. Análisis Geológico-Geohidrológico, Exploraciones Geofísicas "Paredones Amarillos" Colindancia Cuenca Océano Pacífico, Mpio. La Paz, B.C.S. Guadalajara, Jal. 45 pp.

Wardwell, Laura. 2012. Nesting behavior and patterns of olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) and eatherback (*Dermodochelys coriacea*) sea turtles near Todos Santos, Baja California Sur, México (Resumen de Tesis). University of Denver; Denver, Colorado. 6 pp.

## **Páginas de internet consultadas**

<http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/sar/riesgo-sodio-en-regadios.htm>

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/html/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/144/html/sec_9.htm)