



Universidad Autónoma de Baja California



Facultad de Ciencias Marinas

Especialidad en Gestión Ambiental y Manejo de Recursos Naturales

“Propuesta de regulación de los elementos de impacto ambiental de la descarga de salmuera a bienes nacionales”.

Trabajo que presenta

Caleb Abraham Rodríguez Muñoz

para obtener el Diploma en Gestión Ambiental

Ensenada, Baja California, México. Agosto de 2011

Contenido

I.	Resumen.....	4
II.	Agradecimientos	5
III.	Dedicatoria	6
IV.	Introducción.	8
V.	Antecedentes.....	11
VI.	Objetivo general.....	13
VI.1.	Objetivos particulares	13
VII.	Justificación del Estudio.....	13
VIII.	Metodología.	14
IX.	Resultados	15
IX.1.	Desalinización.	15
IX.1.1.	Ósmosis inversa	15
IX.1.2.	Origen del agua	16
IX.2.	Desalinización de Agua de mar.	17
IX.2.1.	Planta desalinizadora del municipio de los Cabos, B.C.S.....	18
IX.3.	Impactos ambientales de las plantas desaladoras en el medio biofísico.	20
IX.3.1.	Captación del agua.	21
IX.3.2.	Pretratamiento.	23
IX.3.3.	Vertimiento del agua de rechazo (salmuera) producto de la desalinización del agua de mar.....	26
IX.3.4.	Consumo energético.....	28
IX.4.	Legislación y Normas relacionadas con la desalación de agua de mar en México.	32
IX.4.1.	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.....	32
IX.4.2.	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.....	36
IX.4.3.	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	39
IX.4.4.	Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.	43
IX.4.5.	Ley de Aguas Nacionales.	44
IX.4.6.	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.	44
IX.4.7.	Ley Federal sobre Metrología y Normalización.....	44
IX.4.8.	Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.	49
IX.4.9.	Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el recurso agua... ..	50
IX.5.	Propuesta de regulación Norma Oficial Mexicana	53
IX.5.1.	Título.....	53
IX.5.2.	Introducción	53
IX.5.3.	Sustento jurídico	54
IX.5.4.	Objetivo y campo de aplicación.	54
IX.5.5.	Referencias.....	54
IX.5.6.	Definiciones	56
IX.5.7.	Especificaciones	59
IX.5.8.	Observancia de esta norma.....	62

X.	Discusiones.....	63
XI.	Conclusiones	66
XII.	Bibliografía.....	70

Tablas

Tabla I.	Composición y características típicas del agua de mar.....	17
Tabla II.	Tipos de captaciones para desalación.....	21
Tabla IV.	Emisiones de CO ₂ evitadas por año y acumuladas al 2010 por Generación Eoloeléctrica masiva (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, 2011). 29	
Tabla V.	Orden jerárquico en las entidades de los Estados Unidos Mexicanos.....	32
Tabla VI.	Normas mexicanas relacionadas con el sector agua.....	50

Figuras

Figura 1.	Evolución de la capacidad total de desalación en el mundo. Fuente:Torres (1999).....	12
Figura 2.	Diagrama del proceso ósmosis convencional y Ósmosis Inversa.....	16
Figura 6.	Ubicación de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos, B.C.S. Tomada de http://www.oomsapaslc.gob.mx	18
Figura 7.	Vista aérea de los pozos playeros de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos. El punto rojo es la ubicación de la descarga de salmuera. Imagen tomada de Google Earth, 2011.....	19
Figura 8.	Descarga de salmuera de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos.....	20
Figura 3.	Vista aérea y de planta de pozos playeros de la Planta desaladora del Mpio. de Los Cabos, B.C.S., México. Las líneas rojas representan una distancia de 80 metros desde la pleamar hasta el pozo playero.....	23
Figura 4.	Potencial eólico de la región Norte de Baja California, México. (U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2004).	30
Figura 5.	Potencial eólico de estado de Oaxaca, México. (U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2003).....	31

Anexos

Anexo I. Lista de las 100 Plantas Desalinizadoras más grandes del mundo, en construcción u operación en Enero de 2005. Tomado de Wangnick/GWI. 2005.

I. Resumen

En la región Noroeste de México, caracterizada por ser una zona árida, se han proyectado diferentes plantas desalinizadoras de agua de mar para satisfacer la demanda del recurso a nivel municipal. Desde el mes de abril de 2007, la planta desalinizadora del municipio de los Cabos, en Baja California Sur, es el único caso de la región que ha podido concretar su realización.

La planta desalinizadora del municipio de los Cabos, aunada a bibliografía complementaria permitió una amplia identificación de los impactos ambientales que tienen lugar en el medio marino principalmente debido a la operación de las plantas desalinizadoras. Posteriormente se desarrollo investigación en torno a la legislación que rige al recurso hídrico en el país y de qué manera compete a la desalinización. Tan sólo el artículo 17 de la Ley de Aguas Nacionales hace mención específica de la desalinización como una actividad sujeta a concesión.

Al quedar en claro que la normatividad en torno a la desalinización no contempla los impactos ambientales que genera al medio marino (principalmente) dicha actividad, se determinaron tres posibilidades de inferir en la normatividad de la actividad mediante la elaboración de un instrumento jurídico normativo, de tal manera que se logren reducir los impactos ambientales generados por dicha actividad.

Las posibilidades evaluadas fueron:

- Norma Mexicana (NMX) de buenas prácticas para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.
- Norma Oficial Mexicana (NOM) en materia de impacto ambiental para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.
- Modificar los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Entre las cuales la modificación de los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 resultó la más conveniente de acuerdo al análisis de ventajas y desventajas que ofrecía cada opción.

II. Agradecimientos

Una vez más agradezco al personal de la H.H.H. Facultad de Ciencias Marinas, sus finísimas atenciones y que en todo momento lo hacen sentir a uno en casa. Han sido ocho años de maravillosa convivencia y experiencias que me han definido como ser humano.

A la Dra. Concepción Arredondo García (Conchita) por darme la oportunidad de incorporarme al programa de Especialidad en Gestión Ambiental a su cargo, confiar en mí en todo momento, apoyarme en mi constante rebeldía y por su orientación en la presente investigación.

Al Lic. Marco Antonio Lazcano Sahagún por su valiosísima orientación en legislación ambiental y aceptar fungir como sinodal en la presente investigación, además de la agradable convivencia.

Al M.C. Carlos F. Peynador Sánchez por aventurarse de buena gana en el extenso análisis que ha constituido la desalinización de agua de mar, pero sobre todo por sus observaciones exactas y juicios reveladores de la objetividad.

Al personal de Lorax Consultores S.A de C.V., por todo el apoyo brindado en sus instalaciones para la óptima conclusión del presente trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado para la participación en el programa (No 001095) de Especialidad en Gestión Ambiental mediante la beca 236670 correspondiente a la convocatoria 290564.

III. Dedicatoria

Este trabajo representa una etapa de mi vida. Tal vez inconscientemente lo postergué debido a que no quería pasar a la siguiente etapa, sin embargo, no hay tiempo que no llegue ni plazo que no se cumpla. Mi plazo se cumplió y el tiempo ha llegado. Evolucionar o perecer, es la ley de la naturaleza.

Dedico este sencillo trabajo a todas las personas que me han acompañado en este y otras etapa de mi vida, que aunque cortas, trascendentes cada una de ellas en mi definición como ser humano.

A tod@s l@s Loraxian@s, por la invaluable y agradable convivencia, las experiencias y la amistad. En especial al “chief”, Carlos Peynador, por compartir su amplia experiencia laboral de buena gana y de manera amistosa, pero sobre todo por soportar mi adolescencia.

A Brenda Martín y Pablo N. Trucco, por el ánimo brindado durante la realización de este trabajo, pero sobre todo por su compañía y amistad, la cual ha significado mucha risa curativa y experiencias inolvidables.

A Laura G. R., por el misterio que guarda el encuentro, por las coincidencias callejeras, las pláticas filosóficas, la convivencia...pero sobre todo por lo invaluable que resulta para un ser humano saberse de utilidad espiritual para otro. Ha sido mutuo.

A los compas que siempre están a la distancia echando porras a la causa, Arturo, Pepe y Salo.

Y como el que ríe a último, ríe mejor...

A todos y cada uno de los miembros de mi familia...

A mis abuelos Juana y Jaime,

A mis ti@s Sandra, Juanita e Hilde,

A mis amados hermanos Caren y Arturo

A mis padres por supuesto, Ericka y Arturo, con quienes vivo muy agradecido por las experiencias de vida que me han compartido.

A Paola, por ser mi compañera en las buenas, en las malas y en las peores, gracias.

Y por si no fueran muchos, este trabajo esta dedicado especialmente a mi abuela Concepción y a mi tío Álvaro, a quienes dedico todo lo bueno que haga en esta vida.

El estado, como ente satisfactor de necesidades básicas y proveedor de servicios públicos, y propietario originario del capital natural, tiene una responsabilidad social inherente para la conservación de los recursos naturales.

IV. Introducción.

A medida que la población mundial crece de manera exponencial, aumenta el número de países que confrontan condiciones de escasez de agua. En la actualidad existen alrededor de siete mil millones de habitantes (más del doble que en los años cincuenta) (U.S. Census Bureau, 2011), y con ello, las fuentes de agua se agotan drásticamente (PNUMA 2011).

Aproximadamente 25% de la población mundial carece de un acceso directo a servicios de agua potable y aproximadamente 2.2 millones de personas mueren cada año debido a enfermedades causadas por agua contaminada o mal saneamiento (Foro mundial del Agua, 2006; Nevarez-Álvarez, 2007). En México el 23.82% de la población carece de acceso a agua potable (CONAGUA, 2011).

Un país experimenta tensión hídrica cuando el suministro anual de agua desciende a menos de 1,700 metros cúbicos por persona. Cuando desciende a niveles de 1,700 a 1,000 metros cúbicos por persona, pueden preverse situaciones limitadas de agua y cuando los suministros anuales de agua bajan a menos de 1,000 metros cúbicos por persona, el país enfrenta escasez de agua; situación que amenaza la producción de alimentos, obstaculiza el desarrollo económico y daña a los ecosistemas (Anaya-Garduño y Martínez, 2007).

En México, la disponibilidad natural de agua por habitante estimada en el 2004 fue de 4,500 m³, sin embargo, debemos considerar que existe un sesgo con respecto a su distribución geográfica ya que mientras en estados como Chiapas la precipitación anual es de 1,768 mm anuales, en estados como Baja California la precipitación anual es de 177 mm (CONAGUA, 2011), lo que nos da una idea cercana con respecto a la disponibilidad del recurso con base a la región geográfica.

La competencia entre la agricultura, la industria, las ciudades y el desmedido desarrollo turístico por los limitados suministros de agua ya están restringiendo las actividades de desarrollo en muchos países. Esta problemática de escasez, mala distribución, contaminación, sobreexplotación de los mantos acuíferos y acceso desigual, genera conflictos sociales entre los distintos usuarios y sectores económicos en una misma localidad, así como entre regiones de un mismo estado y/o entre países vecinos (Nevarez-Álvarez, 2007).

Actualmente, en las regiones del mundo donde el recurso hídrico es limitado y las condiciones geográficas lo permiten, la desalinización de agua de mar surge como una alternativa para aportar el suministro de agua que se necesita para mantener el desarrollo. La desalinización es el proceso mediante el cual las sales son separadas de la solución acuosa y existen varias técnicas para realizar este proceso (Nevarez-Álvarez, 2007).

A principios de 1950 se iniciaron las primeras investigaciones científicas formales sobre el problema de la desalinización de agua de mar con el fin de construir y operar grandes instalaciones de producción de agua dulce a un costo competitivo en comparación con otras fuentes de abastecimiento (Nevarez-Álvarez, 2007).

La Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1999) advirtió que México puede tener graves problemas de suministro de agua potable en el año 2025, principalmente en el Norte del país. El Noroeste de México, debido a las condiciones de mercado, es una de las áreas más productivas y con mayor actividad económica con respecto al resto del país. Sin embargo, su desarrollo se ve amenazado por la escasez de agua, generada principalmente por los grandes periodos de sequías crónicas, el crecimiento de la población y la consecuente sobreexplotación de los acuíferos (Correa-Díaz, 2007).

La intrusión salina en varios acuíferos, la reducción de la calidad del agua y la dependencia progresiva de fuentes alejadas a los centros económicos, demuestran que en la región se ha estado aplicando un modelo de crecimiento y consecuentemente de uso de agua no sustentable (Correa-Díaz, 2007).

Por lo anterior, la desalación de agua de mar surge como una importante alternativa para aportar el suministro de agua que se necesita para mantener el desarrollo de la región Noroeste de México, donde han sido varios los proyectos que se han pretendido llevar a cabo con la finalidad de lograr un abasto hídrico municipal (Hermosillo, Son., La Paz, B.C.S., Ensenada, B.C.) e incluso regional, sin embargo, las características geográficas han truncado la viabilidad de muchos de estos proyectos.

La desalación, como toda actividad productiva, utiliza insumos, en este caso agua de mar y energía eléctrica principalmente, y genera como residuos gases de efecto invernadero y salmuera, esta última se deposita de nueva cuenta en el mar. Aunque existe la normatividad encargada de regular las características físico-químicas que debe tener el agua a descargar en cuerpos declarados bienes nacionales¹ (NOM-001-SEMARNAT-1996), ya sean estos ríos, arroyos o mares, actualmente no se cuenta con una norma que considere las características físico-químicas específicas del agua de rechazo producto de la desalinización.

La técnica de la desalación para obtener agua apta para consumo humano puede ser aplicada en agua de mar, agua salobre o agua procedente de una planta tratadora de aguas residuales. Dicha técnica, al ser susceptible de aplicarse en un recurso de naturaleza común (agua de mar), deben regularse las consideraciones sobre la manipulación del recurso y afectaciones potencialmente irreversibles en el patrimonio de la colectividad, más allá de los recursos costeros. Debe procurarse reducir el menoscabo permanente del recurso y los elementos naturales afectados en atención a

¹ Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

nuestra responsabilidad compartida respecto a estos elementos globales (Aceves-Ávila, 2008).

Asimismo, deben prevenirse, a través de mecanismos jurídicos de control, las sinergias negativas que puedan presentarse con otros elementos ambientales. La desalación, entendida como proceso industrial o transformador, genera impactos ambientales que deben ser identificados, analizados y mitigados a fin de evitar el menoscabo de los diversos derechos subjetivos de la colectividad y de garantizar la fidelidad al principio de desarrollo sustentable, asegurando los derechos de las generaciones futuras mediante la conservación del capital natural toda vez que su pérdida en la mayoría de las veces es irreparable y puede ser irreversible (Aceves-Ávila, 2008).

El objetivo del presente trabajo es regular los elementos de la actividad de desalinización de agua de mar que generan impactos ambientales al medio biofísico.

V. Antecedentes.

Desde la época griega clásica, donde se definieron los principios para la separación del agua y las sales, el hombre siempre ha buscado maneras de lograr esa separación. Existen ejemplos a lo largo de la historia antigua de hombres dedicados a tal esfuerzo: Aristóteles, Tales de Mileto, Demócrito y Plinio, entre otros (Valero *et al.*, 2001)

En el siglo XVI ya se utilizaron alambiques en barcos para obtener agua dulce, aunque de naturaleza muy rudimentaria. Hasta bien entrado el siglo XIX no se puede hablar propiamente de una instalación desaladora de naturaleza estable. Precisamente fue una planta de destilación solar en una explotación minera: las Salinas de Chile (Handbury *et al.*, 1993). Su rendimiento era ínfimo (20 m³ producidos en una extensión de 4.000 m²), pero era la primera forma de obtener agua dulce para el abastecimiento de la población minera en aquel lugar tan remoto y árido.

Posteriormente, en el año de 1884 se fabrica por primera vez un evaporador para un barco aprovechando la energía residual del vapor de salida de su caldera, pero las primeras unidades fijas de importancia aparecen hasta la década de 1940. Estas primeras plantas eran de destilación de múltiples efectos con tubos sumergidos, en las que la seguridad de funcionamiento era más importante que el costo de agua que producía (Arreguín *et al.*, 1998). Durante la segunda guerra mundial, cientos de aparatos portátiles de desalinización fueron usados por las tropas de varias armadas (Einav *et al.*, 2002).

Concentrándonos en la evolución histórica mundial, la crisis de petróleo en 1973 fue determinante para que los países exportadores de petróleo, que además son los países con mayor escasez de agua, instalaran una gran cantidad de plantas desalinizadoras, lo que ha permitido el asentamiento definitivo de la población en estas zonas del planeta.

En la actualidad, en lo que se refiere a distribución geográfica, la mayor capacidad de desalinización se encuentra instalada en el Medio Oriente: Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos y Kuwait disponen del 44% de la capacidad mundial total. Sin embargo, el número de plantas instaladas en estos tres países es sólo el 22% del total.

La explicación a este hecho reside en el gran tamaño de las plantas instaladas en esa zona. Al mismo tiempo, Estados Unidos posee el mayor número de plantas (21% del total) aunque su capacidad es de solo el 15% de la capacidad mundial total, debido al pequeño tamaño que suelen tener las plantas instaladas en ese país (Zarza, 1998).

En México, los primeros esfuerzos por la desalinización tuvieron lugar en la década de 1970, periodo en el cual se construyeron 14 plantas de desalinización con apoyo de técnicos franceses dentro del programa “Tonatiuh” financiado por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Actualmente, por falta de continuidad, ninguna de las 14 plantas se encuentra en operación (Arreguín, 2000).

Como mención especial, en el año de 1970 se puso en operación en la Planta Termoeléctrica de Rosarito la primera planta desalinizadora de México que fue en su tiempo una de las más grandes del mundo, con una capacidad de producción de 320 L/s (28.350 m³/d) (WDR, 1970; Correa-Díaz, 2007).

Posteriormente, en Abril de 2007 se inauguró la Planta desaladora del municipio de Los Cabos, B.C.S., en México. La obra tuvo un costo de 30 millones de dólares y según fuentes oficiales brinda servicio de agua a 10 mil familias cabeñas (en cuatro colonias populares) al suministrar 200 litros por segundo.

Actualmente existen al menos tres proyectos de plantas desalinizadoras en proceso de evaluación para su construcción en la región Noroeste de México con fines de abastecimiento municipal (Ensenada, La Paz, Hermosillo).

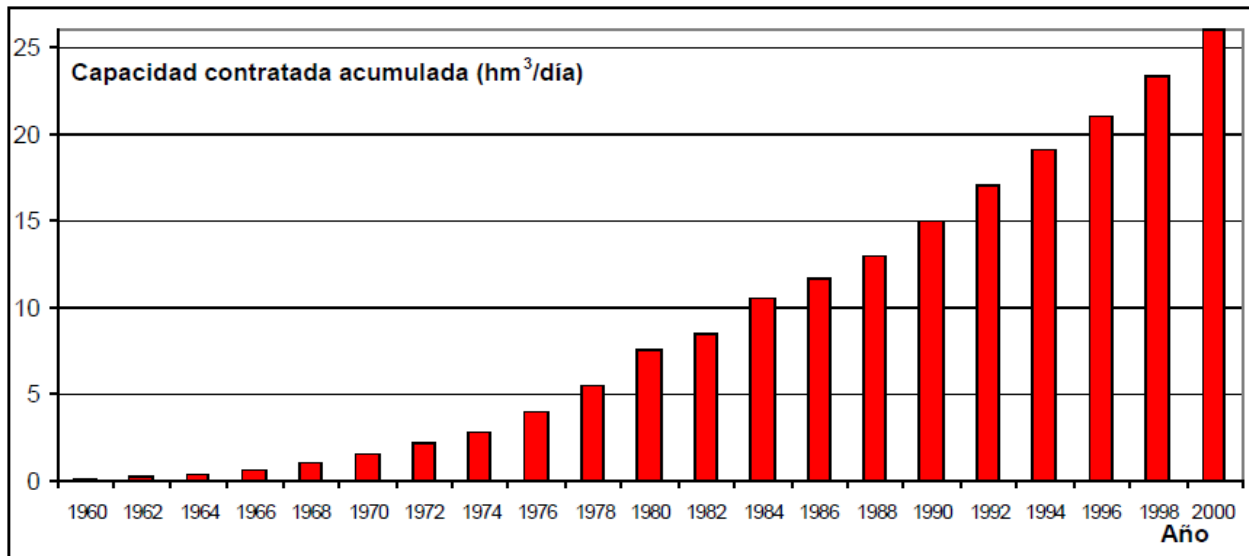


Figura 1. Evolución de la capacidad total de desalación en el mundo. Fuente: Torres (1999).

VI. Objetivo general

Proponer un instrumento de gestión ambiental para la regulación de los impactos ambientales generados por las plantas desalinizadoras de agua de mar.

VI.1. Objetivos particulares

Describir los principales impactos ambientales de las plantas desaladoras en el medio biofísico inmediato (medio marino y terrestre circundante).

Generar especificaciones técnicas para la selección de sitios apropiados para la construcción de plantas desaladoras.

Generar especificaciones técnicas para el diseño, operación y descarga de plantas desaladoras.

VII. Justificación del Estudio.

La instalación de plantas desalinizadoras a nivel mundial aumenta día con día como una medida de abastecimiento del recurso hídrico (Ver Figura 1). Expertos opinan que esto originará que la gente pierda el interés por adquirir una cultura del cuidado del agua².

La presente investigación surge bajo la premisa de que las plantas desalinizadoras generan impactos ambientales negativos que, aunque puntuales, confinados y temporales pueden tener una afectación ecológica significativa. De ahí la importancia de desarrollar investigaciones que permitan definir la magnitud de dichos impactos y así aportar los elementos científicos, técnicos y jurídicos que se enfoquen en la óptima realización de la actividad, asegurando su permanencia en el tiempo de la manera menos dañina para con el medio, es decir, llevarla a cabo de manera sustentable.

Basados en trabajo de campo e información bibliográfica recabada, en la que se reportaron impactos ambientales negativos al medio marino (principalmente) en diferentes regiones del mundo, todos ellos asociados a la operación de plantas desalinizadoras, surge la inquietud de realizar la propuesta de un instrumento jurídico normativo para los impactos ambientales al medio biofísico (marino, terrestre y atmosférico) derivados de dicha actividad.

² Proceso continuo de producción, actualización y transformación individual y colectiva de valores, creencias, percepciones, conocimientos, tradiciones, aptitudes, actitudes y conductas en relación con el uso del agua en la vida cotidiana (Modificado de www.conagua.gob.mx).

Entre las principales características y/o funciones de la presente investigación, está la de aportar elementos técnicos que permitan definir la selección del mejor sitio para la ubicación de una planta desaladora con base en características geográficas (fisiografía y oceanografía) y ecológicas. De igual manera, obligar a la utilización de tecnología que disminuya o evite la afectación al medio biofísico circundante (terrestre y marino, principalmente) durante el proceso de desalinización, sin importar su costo.

VIII. Metodología.

Se realizó un análisis bibliográfico de:

- I) El proceso de desalinización de agua de mar
- II) Zonas en el mundo donde se ha implementado la desalinización de agua de mar.
- III) Reportes disponibles de impactos ambientales en el medio biofísico resultado de la operación de plantas desalinizadoras de agua de mar.
- IV) Legislación existente en materia de desalación de agua de mar y/o las descargas que se generan.

Con la información recabada en torno a la operación y generación de impactos ambientales de las plantas desalinizadoras en diferentes partes del mundo, e identificados los instrumentos jurídicos que tienen injerencia en el recurso hídrico en México y la desalación de agua de mar se determinó el instrumento de gestión ambiental más adecuado para regular los impactos ambientales generados por las plantas desalinizadoras.

IX. Resultados

IX.1. Desalinización.

La desalación es el proceso de separación de minerales disueltos (sales) y otras sustancias indeseables contenidas en las aguas salobres o marinas, para convertirlas en agua adecuada para el consumo humano, agua apta para uso industrial o agrícola (María-Sánchez *et al.*, 2009).

De acuerdo a la bibliografía, aunque existen diversos métodos de desalinización, las tecnologías más utilizadas a nivel mundial, son la desalación mediante plantas de membranas semipermeables –en particular mediante ósmosis inversa–, y la destilación.

Actualmente se utilizan mayoritariamente los sistemas de membranas semipermeables de ósmosis inversa (OI), no así en los países de oriente próximo, donde debido a la disponibilidad de combustibles fósiles la técnica más utilizada es la destilación (evaporación), mucho más costosa desde el punto energético (María-Sánchez *et al.*, 2009).

Los sistemas de ósmosis inversa son los que han ganado terreno a nivel mundial debido principalmente a la relación costo beneficio. Actualmente se han desarrollado investigaciones que han permitido reducir el consumo energético de la ósmosis inversa, aumentando los beneficios que ofrece, haciéndola cada vez más atractiva y posicionándola de manera casi definitiva como el modelo a seguir en los procesos de desalinización.

Los procesos generales que componen la desalinización a través de la ósmosis inversa son:

- Captación
- Pretratamiento
- Tratamiento
- Descarga

IX.1.1. Ósmosis inversa

El fenómeno de la ósmosis ocurre cuando, a través de una membrana semipermeable, el agua fluye desde la solución de menor salinidad hasta otra de mayor concentración salina. Es un fenómeno que tiene lugar en diversos procesos naturales como, por ejemplo, en la entrada de agua a través de la membrana celular de los seres vivos (María-Sánchez *et al.*, 2009).

Según una regla fundamental de la naturaleza, este sistema intentará alcanzar el equilibrio, es decir, intentará alcanzar la misma concentración a ambos lados de la membrana. El flujo de agua desde la solución más diluida hacia la más concentrada se

detendrá cuando se alcance un equilibrio entre ambas concentraciones. La fuerza que provoca ese movimiento se conoce como presión osmótica y está relacionada con la concentración de sales en el interior de ambas soluciones (María-Sánchez *et al.*, 2009).

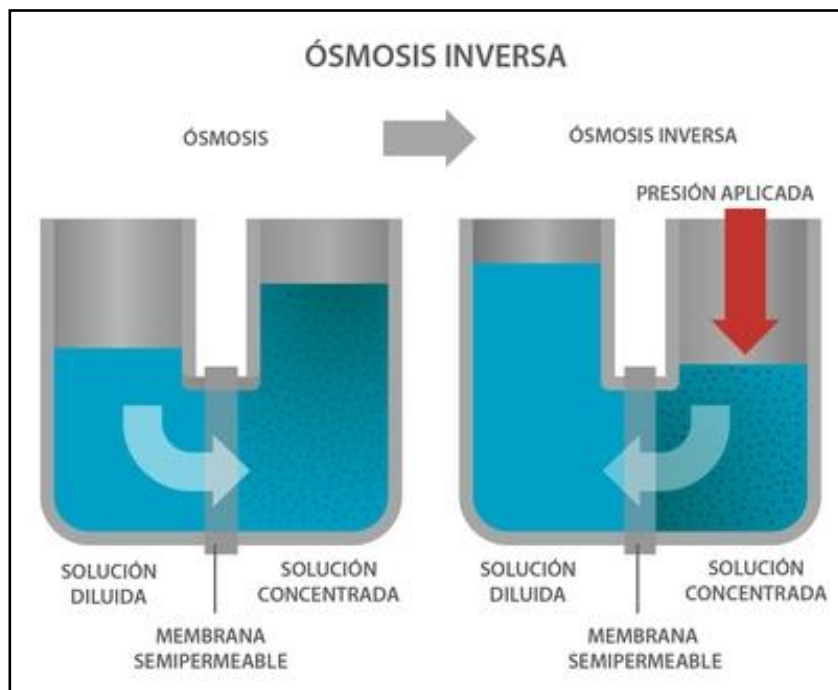


Figura 2. Diagrama del proceso ósmosis convencional y Ósmosis Inversa.

La ósmosis inversa consiste en invertir este proceso aplicando una presión superior a la presión osmótica correspondiente, en el lado de la solución más concentrada. Con esto se consigue que la dirección del flujo del agua vaya del lado de la solución más concentrada a la solución más diluida (María-Sánchez *et al.*, 2009).

IX.1.2. Origen del agua

La desalación se aplica tanto a aguas salobres como a las de mar. El empleo de la tecnología de membranas con aguas continentales tiene una finalidad correctora más que desalinizadora. Para producir agua desalada pueden considerarse los siguientes orígenes:

- Aguas procedentes de Plantas de tratamiento (PTAR) urbanas o industriales.
- Aguas continentales con exceso de algunos iones.
- Aguas salobres.
- Agua de mar.

La presente investigación se enfoca en la descarga de salmuera producto de la desalinización de agua cuyo origen sea cualquiera de los antes mencionados, sin embargo, se hace especial énfasis en el agua de mar debido a que representa un proceso industrial al que se está recurriendo cada vez con mayor frecuencia en las zonas costeras para subsanar la carencia del recurso hídrico. Por otra parte, las

dimensiones en que se lleva a cabo, es decir, los volúmenes de agua de mar que se desalan y consecuentemente la cantidad de salmuera que se genera, consideramos que requiere especial atención.

IX.2. Desalinización de Agua de mar.

La composición del agua del mar varía según su origen o según las características marinas, siendo de mayor concentración de sales en lugares cálidos con poca renovación (Mar Muerto, Mar Mediterráneo) y menor concentración en lugares semi-cerrados o con abundantes aportes continentales de agua dulce (Océano Pacífico Norte y Zonas Polares). La variabilidad de las aguas salobres puede ser aún mayor en cuanto a salinidad y otros componentes. La Tabla I resume las concentraciones medias de los constituyentes químicos mayoritarios del agua marina, comprobándose que se trata de una solución con una gran cantidad de sales disueltas, pero muy pobre en nutrientes (nitrógeno, fósforo y carbono) (María-Sánchez et al., 2009).

El agua de mar es una solución concentrada de sales inorgánicas, y sirve de hábitat a infinidad de seres vivos. El volumen más importante de biomasa lo compone el plancton, constituido fundamentalmente por algas (fitoplancton) y animales microscópicos (zooplancton) (María-Sánchez *et al.*, 2009).

Tabla I. Composición y características típicas del agua de mar³.

Parámetro	Intervalos de referencia
Temperatura, °C	15-35
pH	7.9-8.1
Sales disueltas, mg/L	30,000-45,000
Conductividad, µS/cm (a 20°C)	44,000-58,000
Bicarbonatos, mg/L	120-170
Sulfatos, mg/L	2,425-3,000
Cloruros, mg/L	17,500-21,000
Bromuros, mg/L	59-120
Nitratos, mg/L	0.001-4.0
Fluoruros, mg/L	1
Boro, mg/L	4-6
Amonio, mg/L	0.005-0.05
Sodio, mg/L	9,600-11,700
Potasio, mg/L	350-500
Calcio, mg/L	375-525
Magnesio, mg/L	1,025-1,400

³ Datos obtenidos de: Custodio, E.; Llamas, M.R. 1983. «Hidrología Subterránea». Editorial Omega, 2ª edición. Barcelona. y K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt. 1999. «Methods of Seawater Analysis». WILEY Verlag– VCH, third edition.

Parámetro	Intervalos de referencia
Estroncio, mg/L	12-14
Sílice (SiO ₂), mg/L	0.01-7.4
Carbono Orgánico Total, mg/L	1.2-3.0
Nitrógeno orgánico, mg/L	0.005-0.03

Las aguas situadas sobre la plataforma continental son generalmente verdosas debido a la presencia de clorofila y otros fitopigmentos, y por algunas sustancias aportadas por el humus soluble de origen terrestre. En la plataforma continental se encuentran la mayor parte de las algas verdes, pardas y rojas. Es con diferencia, la zona de mayor riqueza y diversidad en especies marinas. Entre la plataforma continental y la región de alta mar, hay una transición de aguas verde-azuladas de acusada actividad fotosintética (María-Sánchez *et al.*, 2009).

A lo largo del documento se comprenderá que la biomasa (materia orgánica) de las aguas destinadas a la desalación debe ser completamente eliminada para el óptimo funcionamiento del sistema de desalación.

IX.2.1. Planta desalinizadora del municipio de los Cabos, B.C.S.

La planta desalinizadora del municipio de Los Cabos, en Baja California Sur (Ver Figura 3) ha sido un elemento de apoyo para el desarrollo de la presente investigación. Cabe mencionar que la presente investigación partió de observar una actividad particular para la solución de un problema ambiental de dimensiones regionales, como se puede considerar la desalinización de agua de mar en una región semi árida con una creciente presión sobre el recurso hídrico.

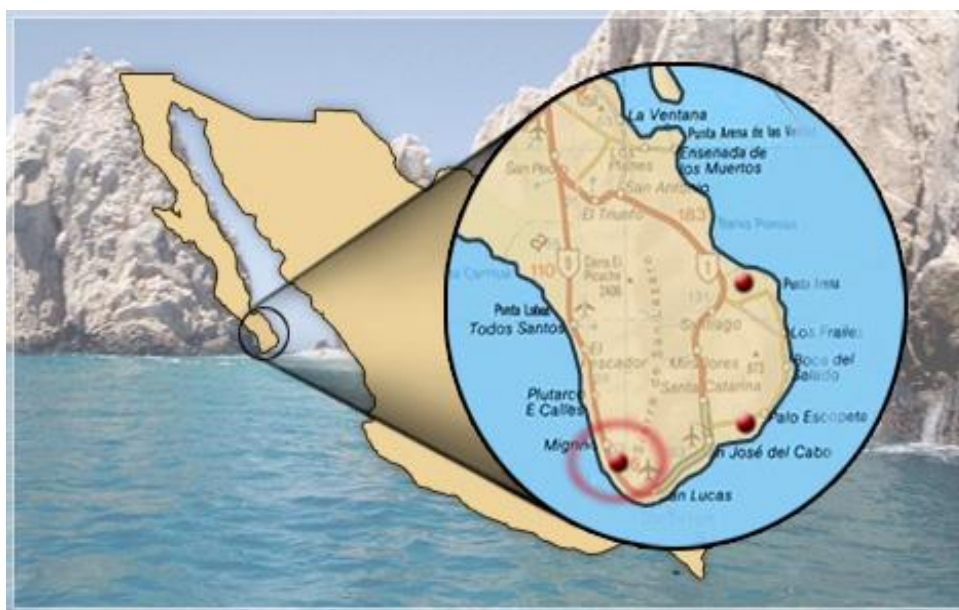


Figura 3. Ubicación de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos, B.C.S. Tomada de <http://www.oomsapaslc.gob.mx>

De dicha observación surgieron cuestionamientos acerca de cuales serían los impactos ambientales, ya sea al medio biofísico, económico o social que tienen lugar por la solución de la carencia del recurso hídrico mediante la desalinización de agua de mar.

La planta desalinizadora del municipio de Los Cabos, al operar mediante el sistema de ósmosis inversa, procesar la cantidad de agua necesaria para un abasto municipal y su relativa cercanía y accesibilidad, resultó un elemento que se debía inspeccionar en campo para conocer y comprender por cuenta propia los impactos ambientales que generan las plantas desalinizadoras.

Una vez realizada la visita a la planta desalinizadora se pudo comparar la información vertida en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) (Número de registro ambiental SEMARNAT 03BS2005HD001) con las observaciones realizadas en campo y así determinar diversos impactos ambientales tanto positivos como negativos no considerados en la MIA (Ver apartado X. Discusiones).

De acuerdo a los elementos que se abordaron en los apartados IX.3.1 Captación del agua. y IX.3.3 Vertimiento del agua de rechazo (salmuera) producto de la desalinización del agua de mar., la planta desalinizadora de Los Cabos se ve beneficiada al requerir una reducida utilización de compuestos químicos durante el proceso de desalinización, lo anterior por haber implementado un eficiente sistema de filtración a través de pozos playeros (Ver Figura 6 y Figura 4)



Figura 4. Vista aérea de los pozos playeros de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos. El punto rojo es la ubicación de la descarga de salmuera. Imagen tomada de Google Earth, 2011.

En la MIA de la planta desalinizadora se consideró la instalación de un emisor submarino para la descarga de salmuera, mismo que fue instalado y puesto en operación, sin embargo, una subestimación en el cálculo del embate del oleaje al que estaría expuesto produjo que se rompiera, quedando al descubierto la tubería ubicada en la zona de rompiente (Ver Figura 5), lo que de nueva cuenta, debido al embate del oleaje, ha beneficiado la dispersión de salmuera en el medio, consecuentemente su dilución.



Figura 5. Descarga de salmuera de la planta desalinizadora del municipio de Los Cabos.

Mediante la visita de campo realizada a la planta desalinizadora de Los Cabos, se pudieron constatar algunas de las medidas sugeridas por la literatura para minimizar los impactos ambientales producto de la desalinización de agua de mar. Entre dichas medidas cabe destacar el sistema de captación y descarga de la planta desaladora.

Lo anterior amplía el panorama con respecto a las posibilidades que existen para mitigar y/o evitar los impactos ambientales por dichas obras, de igual manera el efecto que tendrán durante el proceso de desalinización.

Durante dicha visita se determinó que la planta desalinizadora del municipio de los Cabos goza de servicios ambientales provistos por las características intrínsecas del sitio, tales como una playa ancha (80 m. aprox.) de arena fina que utiliza como lecho filtrante, y, una costa expuesta a mar abierto con alta energía, lo que ayuda en la dispersión y dilución del vertido de salmuera. Sin embargo, la trascendencia de estos aspectos técnicos en la operación de las plantas desalinizadoras se revisará más a detalle a continuación.

IX.3. Impactos ambientales de las plantas desaladoras en el medio biofísico.

Al igual que otras infraestructuras, las afecciones características de las desaladoras no son únicamente las derivadas de la edificación de la nave o el vertido de la salmuera. Algunas acciones frecuentes en estos tipos de proyectos son: desbroce, desmonte y explanación de la zona del proyecto, conexión a la red eléctrica y a la de saneamiento, construcción de las instalaciones y los caminos de acceso, toma

de agua bruta, vertido del rechazo, transporte del agua desalada, producción de lodos ricos en materia orgánica, sustancias contaminantes, ruido y vibraciones principalmente.

Entre los valores ambientales más significativos que se suelen evaluar en un estudio de impacto ambiental de cualquier proyecto, destacan la biodiversidad y los hábitats. Las desaladoras de agua de mar, por razones de optimización de costos energéticos, suelen situarse en zonas muy próximas a la costa.

La desalinización, como cualquier otro proceso industrial de gran escala, genera impactos ambientales que deben ser entendidos y mitigados. Dichos impactos incluyen efectos asociados con la construcción de la planta y, especialmente su funcionamiento a largo plazo, incluyendo los efectos de succionar grandes cantidades de agua ya sea de un acuífero costero o del océano y la descarga de grandes volúmenes del concentrado salino, denominado salmuera. Resulta trascendente considerar los impactos indirectos, como sería el uso substancial de energía. A continuación se realiza un análisis de los impactos ambientales que tienen lugar debido a la desalinización de agua de mar y las medidas que se proponen para evitar o mitigar dichos impactos.

IX.3.1. Captación del agua.

Durante años, en el diseño de plantas desalinizadoras, la ubicación de la toma de agua del mar y el modo en que se llevaría a cabo fue un aspecto subestimado en relevancia, creyendo que con ubicarla por debajo de la marea mínima era suficiente para que en ningún momento se ausentará el fluido y con ello se afectarían las bombas.

Se distinguen dos procedimientos básicos de captación (o toma) de agua de mar:

- Captación cerrada (pozos profundos, pozos playeros, drenes horizontales, cántaras, etc.).
- Captación abierta (captación superficial, torres sumergidas, escolleras, etc).

La Tabla II permite analizar las ventajas de cada uno de los tipos de captaciones (o tomas) de agua de mar. Se considera que las captaciones cerradas son preferibles a las abiertas, de hecho, estas últimas sólo se emplean cuando no es posible realizar las primeras (María-Sánchez *et al.*, 2009).

Tabla II. Tipos de captaciones para desalación

Captación cerrada	Captación abierta
<ul style="list-style-type: none">• Agua limpia como consecuencia de la acción filtrante del terreno.• Mínima actividad orgánica o biológica.• Baja concentración de oxígeno disuelto.• Temperaturas estables.• Posible presencia de importantes con-	<ul style="list-style-type: none">• Contenido en sólidos en suspensión importante y variable.• Importante actividad biológica y presencia de materia orgánica.• Mayor exposición a la contaminación.• Importante concentración de oxígeno

Captación cerrada	Captación abierta
<ul style="list-style-type: none"> -centraciones de hierro, manganeso, sílice y aluminio. • Posible contaminación por nitratos y plaguicidas. • Composición química bastante estable aunque sujeta a variaciones temporales o estacionales por contacto con otros acuíferos 	<ul style="list-style-type: none"> disuelto. • Composición química muy variable. • Posible presencia de gran variedad de contaminantes. • Temperaturas más variables.

York y Foster (2005) demostraron que las tomas de agua directas del mar generan impactos por pérdida de productividad biológica (productividad primaria), es decir, la succión de huevos de peces, larvas, algas y demás microorganismos se traduce en una concentración de biomasa que afecta un equivalente a cientos de hectáreas, por lo que el impacto podría considerarse como extendido y no puntual o confinado.

Dichos organismos, al regresar al medio marino como un cúmulo de materia orgánica, demandarán oxígeno para su descomposición, lo que consumirá el oxígeno disponible en la columna de agua y muy probablemente generará zonas de anoxia en los fondos donde se acumule el concentrado salino, lo que se traduce en un impacto directo. Debido a lo anterior, la toma de agua del mar cobra relevancia desde el punto de vista ambiental en el diseño de las plantas desalinizadoras.

De acuerdo a la bibliografía y los diferentes casos analizados, se considera que la mejor opción que se ha desarrollado para las obras de toma (o captación) de agua es **la utilización de pozos playeros**. Un pozo es una estructura hidráulica que siempre y cuando las condiciones geohidrológicas lo permitan y cuando es bien diseñado, permite el abasto de agua libre de materia en suspensión.

La eficiencia de un pozo playero está determinada por la profundidad de la columna de sedimento, el tipo de sustrato, y el tamaño de grano que conforme la playa (arena fina≠cantos rodados). Una playa ancha, de arena fina (Figura 6) será un mejor lecho filtrante que una playa angosta conformada por un sustrato grueso.

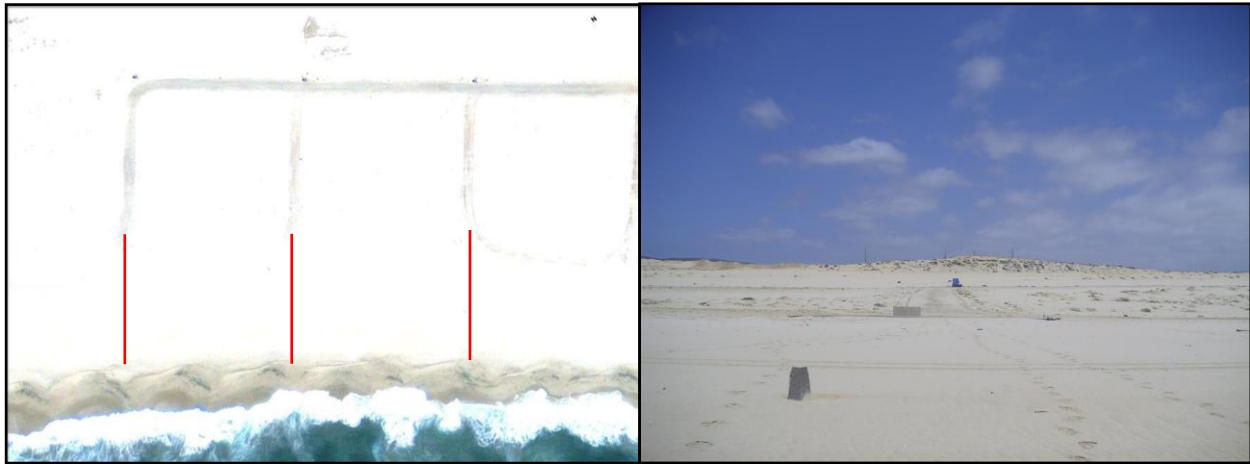


Figura 6. Vista aérea y de planta de pozos playeros de la Planta desaladora del Mpio. de Los Cabos, B.C.S., México. Las líneas rojas representan una distancia de 80 metros desde la pleamar hasta el pozo playero.

En resumen, la utilización de pozos playeros disminuye considerablemente los impactos negativos al medio marino, primeramente al evitar la succión de huevos de peces, larvas, algas y demás microorganismos. Lo anterior se traduce en una disminución de la materia orgánica a eliminar, consecuentemente se reducen los costos de operación, al ser menor la cantidad de compuestos químicos a utilizar tanto en el pretratamiento como en el tratamiento del agua de mar durante la desalinización, y por último el agua que se descargue no demandará oxígeno para la descomposición de materia orgánica.

IX.3.2. Pretratamiento.

El pretratamiento es una parte fundamental del proceso de desalación, y su diseño condiciona de manera muy importante los costos de mantenimiento y de explotación de la planta desaladora.

El objeto del pretratamiento consiste en eliminar o reducir al máximo posible el riesgo de saturación (o taponeo) de las membranas por acumulación de cualquier tipo de materia y/o microorganismos sobre su superficie. El taponeo reduce el tiempo de vida y eficiencia de las membranas, ya que empeora la calidad del agua tratada y produce un incremento de la presión necesaria para su funcionamiento (María-Sánchez *et al.*, 2009).

La procedencia del agua de entrada es muy importante a la hora de diseñar el pretratamiento de una planta de membranas. Como se mencionó en el apartado anterior, la utilización de pozos playeros para la toma de agua del mar, sería la primera y de las más importantes consideraciones para la reducción de los impactos al medio marino que genera la operación de plantas desalinizadoras. Al no considerarse esta medida existe una serie de compuestos químicos que se deben utilizar, en mayor o menor medida, durante la desalinización y potabilización del agua.

En la actualidad las plantas desalinizadoras se han aproximado a un 45% o 50% de eficiencia al procesar el agua de mar o salobre, en el mejor de los casos. Es decir, de 100 litros de agua de mar que ingresan al sistema, sólo se producen 45 o 50 litros de agua potable, por lo que se genera una solución acuosa con el concentrado de sales retirado a la porción de agua potabilizada. Este concentrado denominado salmuera, por las cantidades en que se produce, no puede reciclarse o destinarse a algún otro uso, por lo que la medida más comúnmente utilizada es su vertimiento al mar.

Para los procesos de membranas los objetivos del pretratamiento son los siguientes:

- Eliminar los sólidos en suspensión.
- Evitar la precipitación de óxidos metálicos.
- Evitar la precipitación de sales minerales.
- Reducir el contenido de materia orgánica del agua.
- Eliminar o reducir la actividad biológica del agua de entrada.

Los procesos de pretratamiento más utilizados en las plantas de membranas son los siguientes:

- Acidificación
- Dosificación de inhibidores de la incrustación.
- Oxidación.
- Coagulación-floculación.
- Decantación.
- Flotación.
- Filtración por lecho filtrante.
- Filtración por cartuchos.
- Desinfección.
- Reducción.
- Adsorción.
- Desgasificación.

A continuación se enlistan los compuestos químicos que comúnmente se utilizan durante el proceso de pre-tratamiento, y otros materiales residuales que son usados en la limpieza de las membranas de osmosis inversa, algunos de los diferentes filtros y demás equipos que se puedan taponar.

IX.3.2.1. Compuestos químicos utilizados en el pretratamiento, tratamiento y potabilización del agua de mar.

NaOCl.- Hipoclorito de Sodio o Cloro libre, es utilizado para la cloración del agua en bruto, esto para prevenir el desarrollo de microorganismos incrustantes en las tuberías del sistema.

Un excelente sistema de filtración (Ultrafiltración= pozo playero + sistema de filtración adicional) junto con la ozonificación del agua de mar de manera previa a su ingreso al sistema de ósmosis inversa, sustituiría con creces la utilización de Cloro. El ozono, por ser un gas se volatilizaría con mayor facilidad

que el Cloro, por lo que en etapas posteriores del tratamiento se exentaría de otros compuestos que tienen como función neutralizar el cloro.

Otro punto a favor de esta medida, es que un generador de ozono visto a lo largo de la vida útil del proyecto resulta más económico que el cloro. Por último, la cantidad de ozono que pudiera permanecer en el agua durante el tratamiento y potabilización resultaría menos agresivo con el medio al que se vierta que el Cloro.

FeCl₃.- Cloruro férrico o cloruro de Aluminio (AlCl₃), utilizados como desinfectantes mediante floculación, lo que permite la remoción de materia suspendida.

La medida anterior junto con un tanque de sedimentación, sustituiría la utilización de este compuesto. Esta medida de no tener una efectividad del 100%, seguramente reduciría la cantidad de floculantes que se utilizan hoy en día.

H₂SO₄.- Ácido sulfúrico o ácido clorhídrico (HCl), se utiliza para ajustar el pH del agua de mar (7.9-8.3) a un pH neutro (7).

La utilización de electrodepositores reduciría la cantidad de sales en el agua, de esta manera se estaría llevando a cabo una desalinización previa a la que realizarán las membranas de ósmosis inversa. Dicha reducción de sales disminuiría la basicidad del agua, acercando su pH a 7, de este modo la cantidad de Ácido Sulfúrico ó clorhídrico a utilizar sería mínima, aunque en teoría un proceso de electrodeposición bien diseñado eliminaría en su totalidad el uso de dichos compuestos.

NaPO₃.- Hexametáfosfato de sodio y materiales similares han sido utilizados para prevenir las incrustaciones en las tuberías y las membranas.

NaHSO₃.- Bisulfato de sodio es utilizado para neutralizar cualquier residuo de cloro.

Como se mencionó anteriormente la implementación de la ozonificación exentaría el uso de estos dos compuestos.

C₁₀H₁₆N₂O₈.- Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), es utilizado para remover los depósitos de carbonato de las instalaciones de la desalinizadora.

La electrodeposición podría exentar ó reducir drásticamente el uso de este compuesto.

C₆H₈O₇.- Ácido cítrico, EDTA y polifosfato de Sodio (NaPO₃) son ácidos débiles utilizados para limpiar las membranas, esto tres o cuatro veces al año.

Se considera que las medidas antes propuestas reducirían o exentarían el uso y frecuencia de estos compuestos, disminuyendo consecuentemente los impactos asociados a su uso.

Hasta ahora se han revisado y hecho propuestas de las etapas de captación, pre tratamiento, tratamiento y potabilización del agua de mar, sin embargo, habiendo hecho propuestas que reduzcan los efectos adversos producidos por los compuestos químicos durante estos procesos, sigue el inconveniente del concentrado salino, la salmuera.

IX.3.3. Vertimiento del agua de rechazo (salmuera) producto de la desalinización del agua de mar.

La mayoría de la bibliografía enfocada en los impactos ambientales que genera la desalinización de agua de mar, aborda como principal afectación el vertimiento de salmuera al medio marino. El comportamiento de la salmuera se verá determinado por factores como la topografía del fondo marino, la velocidad de la corriente y la acción del oleaje, además de sus características de concentración, cantidad y temperatura.

La salmuera contiene típicamente el doble de sal (60-80 ppm; Danoun, 2007) que el agua de origen (30-37 ppm; Millero y Sohn, 1992), por lo que adquiere mayor densidad y muestra un comportamiento físico distinto que el agua del medio en el que se vierte. En muchas ocasiones también presenta diferencias significativas de temperatura, siendo la temperatura de la salmuera mucho mayor (40^o-57^o C ó más; Danoun, 2007) que la del medio a donde se vierte (15^o-27^o C; Millero y Sohn, 1992).

Como regla general, la salmuera tiende a hundirse después de ser liberada al medio. Si la salmuera es liberada mediante un emisor directamente al fondo marino, la mezcla será mucho más lenta que si se vertiera en capas superficiales de la columna de agua, además de que disminuye la oportunidad de dilución, lo que incrementa el riesgo de un daño ecológico (Chesher, 1975).

Para plantas desaladoras ubicadas en la costa, se han utilizado diversos métodos de disposición de la salmuera, tales como:

- Descarga a lagunas de evaporación
- Descarga a un acuífero confinado
- Descarga directa al mar

Las descargas a lagunas de evaporación implican la ocupación de áreas considerables de terreno, lo cual representa un costo de oportunidad sumamente elevado en algunas regiones del mundo, donde existe gran demanda por el espacio costero. Por otra parte existe el riesgo de que se presente filtración de la salmuera hacia el subsuelo y posteriormente a los acuíferos, por lo que esta técnica de disposición para la salmuera ha sido descartada como una opción atractiva ó conveniente.

La descarga de salmuera a un acuífero confinado podría resultar una opción viable, sin embargo, el primer punto a resolver sería que su ubicación estuviera situada cercana a la planta desalinizadora. De ser así, la cantidad de salmuera que se produce en las plantas desalinizadoras de escala industrial, saturaría el acuífero, por lo que se tendrían que haber contemplado otras opciones previamente, lo que le resta viabilidad o conveniencia a esta opción.

Por lo anterior, la descarga directa al mar ha sido la opción más común (y económica) en el diseño de plantas desalinizadoras (Del Bene *et al.* 1994), aunque como se mencionó anteriormente esta opción puede tener impactos significativos sobre el medio marino.

La riqueza biológica de las zonas costeras se debe a su elevada diversidad ambiental, con ecosistemas de tamaño en general pequeño, formando mosaicos con abundantes ecotonos (zonas de confluencia de ecosistemas caracterizadas por una mayor biodiversidad). La franja litoral concentra numerosos tipos de hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere de la designación de zonas de especial conservación (María-Sánchez *et al.*, 2009).

Por lo anterior, ciertos tipos de hábitat están en mayor riesgo que otros, esto dependiendo de los organismos que los componen, y las etapas (o estadios) en los que se encuentren. Muchos organismos bentónicos son importantes ecológicamente al ser el eslabón primario entre organismos productores (como el fitoplancton), y los grandes consumidores (Cooley *et al.*, 2006).

Los organismos bentónicos que se encuentran en las inmediaciones de descargas de salmuera tienen mayor riesgo de sufrir las condiciones alteradas del medio, ya que se ha observado que por encima de **38 ppm** el número de especies disminuye considerablemente (Gacia y Ballesteros, 2001). Dichos organismos podrían ser principalmente almejas, camarones, cangrejos y peces bentónicos entre muchos otros organismos. Algunos de estos organismos son incapaces de moverse con la velocidad de respuesta requerida para librar los efectos de la salmuera, lo que podría resultar en el colapso de poblaciones enteras (Cooley *et al.*, 2006).

Los estudios de impacto ambiental disponibles actualmente indican que el vertido de las plantas desalinizadoras ha llevado a reducciones de poblaciones de peces, mortalidad de plancton y corales en el Mar Rojo (Mabrook, 1994), mortalidad de manglares y angiospermas marinas en la laguna de Ras Hanjurah (Emiratos Árabes; Vries *et al.* 1997), o bien a una contaminación importante de los pastos marinos por cobre y níquel en Key West, Florida, E.U. (Chesher, 1970).

Entre los principales impactos que tienen los vertidos de salmuera en zonas cercanas a pastos marinos, se ha determinado la escasa tolerancia de *Posidonia oceanica* a leves aumentos de salinidad. Según los estudios realizados hasta la fecha, incrementos de la salinidad a partir de **39.1 ppm** producen reducción en el crecimiento,

aparición de necrosis en los tejidos y caída prematura de las hojas. Por otra parte, especies características de ambientes bentónicos (por ejemplo: erizos y misidáceos) también se ven afectadas igualmente (María-Sánchez et al., 2009).

Debido a la información antes expuesta, podemos afirmar que actualmente se cuenta con evidencia de que el vertimiento de salmuera y el consecuente aumento de salinidad en el área circundante a la descarga tienen implicaciones ecológicas negativas, mismas que en el corto o mediano plazo se podrían traducir en el colapso de poblaciones, ecotonos ó ecosistemas enteros, esto dependiendo de la periodicidad y volumen de descarga.

Como se mencionó en el apartado IX.3.1 (Captación del agua.), el tipo y diseño de la obra de toma de agua del medio marino tendrá implicaciones operativas trascendentes con respecto a la demanda de energía eléctrica y al gasto de compuestos químicos durante el proceso de desalinización. De igual manera, dicha consideración inicial definirá las características y agresividad del agua de rechazo (elevada concentración de compuestos químicos y/o elevada carga de materia orgánica) que será vertida al medio marino.

El tipo de descarga (emisor submarino, poza intermareal, descarga directa, etc.) y su ubicación tanto en la columna de agua como su distancia con respecto a la costa, son factores que determinarán el grado de afectación que tendrá dicha descarga sobre el medio marino.

Como se comprueba en los apartados anteriores, se decidió enfocar la presente investigación principalmente en los impactos ambientales que tienen lugar en el medio biofísico marino abordando en menor grado los impactos al medio terrestre y atmosférico, dejando para una investigación posterior los impactos económicos y sociales.

IX.3.4. Consumo energético.

La desalación del agua de mar siempre ha resultado costosa debido a la utilización (directa o indirecta) de combustibles fósiles, cuyos precios se tazan de acuerdo a especulaciones de mercado. Para producir un metro cúbico de agua desalada se requiere quemar para generación de calor o electricidad un litro de petróleo ($2.51-3.1 \text{ kWh/m}^3$)⁴. Para producir un metro cúbico por segundo (86, 000 m³/día), cantidad suficiente para 300,000 personas, una planta de ósmosis inversa requerirá 15 MW y produciría agua desalada a un costo de ocho pesos por metro cúbico (Hiriart-Le Bert y Nava-Escudero, 2008).

Semiati (2000) reporta que el 44% del costo de agua desalinizada mediante ósmosis inversa, corresponde al pago de la energía eléctrica utilizada.

⁴ Estevan-Estevan y Sánchez Colomer, 2007

El impacto ambiental resultado del alto consumo de energía eléctrica por parte de las plantas desalinizadoras es la emisión de gases de efecto invernadero (monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxido nítrico, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre), entre los cuales el CO₂ es considerado el de mayor importancia al tener la mayor capacidad calorífica y ser el principal responsable del calentamiento global (Ver Tabla III) (Younos, 2005).

Tabla III. Emisiones de CO₂ evitadas por año y acumuladas al 2010 por Generación Eoloeléctrica masiva (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, 2011).

AÑO	Capacidad final MW	Generación Eólica Anual (GWh)*	CO ₂ evitado Anual (M ton)	Generación Acumulada (TWh)	CO ₂ evitado Acumulado (M ton)
2000	300	657	0.23	0.657	0.23
2001	500	920	0.322	1.577	0.552
2002	1000	1971	0.69	3.548	1.242
2003	1500	3285	1.15	6.833	2.392
2004	2000	4599	1.61	11.432	4.002
2005	2500	5913	2.07	17.345	6.072
2006	3000	7227	2.53	24.572	8.602
2007	3500	8541	2.99	33.113	11.592
2008	4000	9855	3.45	42.968	15.042
2009	4500	11,169	3.91	54.137	18.952
2010	5000	12,483	4.37	66.620	23.322

El sector eléctrico a escala mundial, es muy reticente a introducir cambios y ha sido a través de coacción gubernamental, modificando leyes y reglamentos, e incluso estableciendo sanciones, como se han podido inducir las transformaciones necesarias en el sector eléctrico en países como España, E.U. o Alemania, por mencionar algunos.

En las últimas tres décadas, a nivel mundial han sido implementados diferentes sistemas de generación de energía a base de recursos renovables (viento, radiación solar y mareas, principalmente) en proyectos de desalinización de agua de mar.

En el análisis multidisciplinario compilado en el libro “Desalación de agua con energías renovables” (Hiriart-Le Bert y Nava-Escudero, 2008) se realizan planteamientos a cerca de la viabilidad de utilizar energía eólica, solar y mareomotriz en México para la generación de la electricidad con que operan las plantas desaladoras.

Aunque han sido pocos los proyectos energéticos a base de los recursos renovables antes mencionados (viento, radiación solar y mareas), existen casos de éxito en la producción a gran escala de energía renovable en México, tal es el caso de los parques eólicos “La Ventosa” en Oaxaca y “La Rumorosa” en Baja California

Mediciones puntuales o de pequeñas redes anemométricas, realizadas principalmente por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y algunas otras entidades o empresas (Laboratorio Nacional de Energía Renovable, perteneciente al Departamento de Energía de Estados Unidos, NREL, por sus siglas en inglés) han

servido para confirmar a nivel de prefactibilidad, la existencia de vientos técnicamente aprovechables y económicamente viables en las siguientes regiones de México (Ver

Figura 7 y Figura 8):

- Sur del Istmo de Tehuantepec.
- Península de Baja California.
- Península de Yucatán.
- Altiplano Norte.
- Región Central.

Como caso particular, se considera que la Península de Baja California es interesante eoloenergéticamente, por su extensión geográfica, su baja densidad poblacional y que históricamente se ha alimentado eléctricamente por sistemas aislados en algunas zonas. Además se considera que eólicamente es una barrera natural perpendicular a los vientos occidentales, por lo que en sus montañas e innumerables pasos puede proporcionar muchos sitios con potencial explotable a diferentes escalas (Ver

Figura 7).

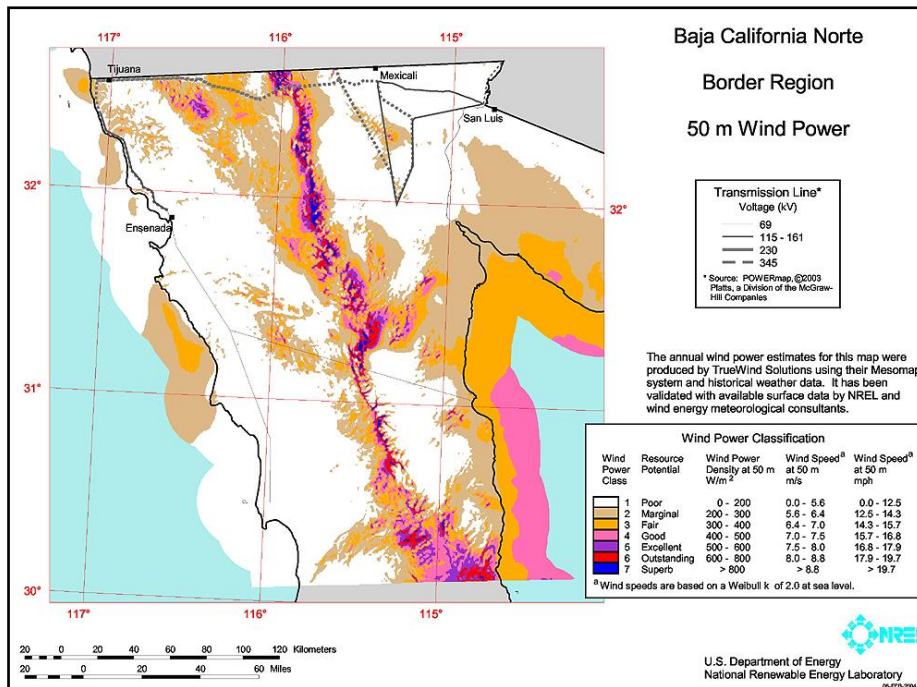


Figura 7. Potencial eólico de la región Norte de Baja California, México. (u.s. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2004).

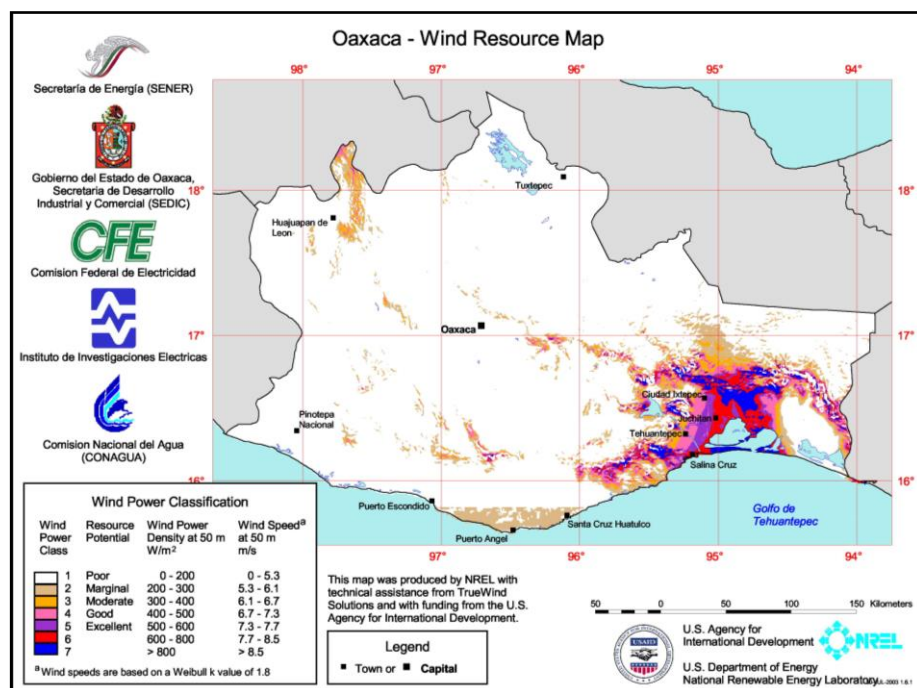


Figura 8. Potencial eólico de estado de Oaxaca, México. (U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, 2003).

Actualmente existen los mecanismos técnicos y jurídicos para el aprovechamiento del potencial energético renovable del país, como prueba de ello en el año 2008 se expidió la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética y un año después el reglamento correspondiente.

Dicha Ley establece el marco jurídico por el que se deberán regir las acciones para llevar a cabo el óptimo aprovechamiento de fuentes de energías renovables y tecnologías limpias para la generación de electricidad en la República Mexicana, por lo que resultaría conveniente establecer como requisito obligatorio que al menos el 50% de la energía utilizada por la operación de plantas desalinizadoras provenga de fuentes de energía alternativa.

IX.4. Legislación y Normas relacionadas con la desalación de agua de mar en México.

Como punto de partida para el análisis jurídico en torno al agua y el proceso de desalinización, es importante mencionar que en el Derecho positivo, el ordenamiento jurídico es el conjunto de normas jurídicas que rigen en un lugar determinado en una época concreta. No se debe confundir el ordenamiento jurídico con el orden jurídico, que se traduce en el conjunto de normas que rigen una determinada área del ordenamiento jurídico. La relación en conceptos es de género a especie.

En el caso de los estados democráticos como es el caso de los Estados Unidos Mexicanos, el ordenamiento jurídico está conformado por la Constitución del Estado, que rige como la norma suprema, por los tratados internacionales, por las leyes generales, leyes federales los reglamentos, y otras disposiciones particulares como son las normas

Dicho ordenamiento jurídico tiene adecuaciones particulares para los Estados, al regirse también por la Constitución Estatal correspondiente y las leyes y reglamentos que de esta se deriven (Ver

Tabla IV).

Tabla IV. Orden jerárquico en las entidades de los Estados Unidos Mexicanos.

En los Estados el orden jerárquico	En el Distrito Federal el orden
1. Constitución Federal	1. Constitución Federal
2. Tratados internacionales	2. Tratados internacionales
3. Constitución Estatal	3. Leyes Generales
4. Leyes Estatales	4. Leyes Federales
5. Reglamentos	5. Reglamentos
6. Bandos municipales	6. Normas Oficiales Mexicanas
7. Normas Oficiales Mexicanas	

Por lo anterior, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el instrumento a partir del cual debe surgir el análisis que permitirá identificar derechos y obligaciones generales en torno al agua, al mismo tiempo que permitirá vislumbrar la distribución de competencias que corresponden a cada una de las instituciones.

IX.4.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

IX.4.1.1. Artículo 4º constitucional

El artículo 4º embebido en el capítulo 1º de la Constitución, concerniente a los derechos humanos y sus garantías, en su párrafo IV, establece que:

“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.”

Aunque dicha declaratoria tiene significado en un sentido muy amplio, se puede acordar el recurso hídrico, el agua, es el elemento central para que el medio ambiente lleve a cabo sus funciones ecológicas de manera armónica, ya sea local, regional globalmente.

IX.4.1.2. Artículo 25 constitucional

Por su parte, el artículo 25 establece que:

“Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.”

...

Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.”

...

El artículo en comento deja en claro que el Estado apoyará, pero sobre todo guiará el desarrollo nacional en el ámbito social y económico de acuerdo a lo que dicte el interés público y haciendo uso de los recursos productivos, lo que implica al agua como elemento fundamental de todos los procesos productivos que tienen lugar en el país.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el agua es un recurso limitante para el crecimiento tanto social como económico en algunas regiones del país, mismas en las que se ha propuesto la desalinización de agua de mar como la solución a dicha carencia, sin embargo, de acuerdo a lo establecido en el artículo 25, el Estado a través de cualquiera de sus tres niveles de gobierno es el encargado dictar el proceder para sanar dicha carencia.

IX.4.1.3. Artículo 27 constitucional

Embebido en el título I, capítulo 1º, correspondiente a los derechos humanos y sus garantías, el artículo 27 de la Constitución Política de Estados Unidos Mexicanos es el primer artículo en el que se hace mención del recurso hídrico, y versa de la siguiente manera:

“La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico...y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas...las salinas formadas directamente por las aguas marinas...

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos...los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o mas predios, el aprovechamiento de

esta agua se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.

Fracción XVII. El Congreso de la Unión y las legislaturas de los estados, en sus respectivas jurisdicciones, expedirán leyes que establezcan los procedimientos para el fraccionamiento y enajenación de las extensiones que llegaren a exceder los límites señalados en las fracciones IV⁵ y XV⁶ de este artículo.

El excedente deberá ser fraccionado y enajenado por el propietario dentro del plazo de un año contado a partir de la notificación correspondiente. Si transcurrido el plazo el excedente no se ha enajenado, la venta deberá hacerse mediante pública almoneda. En igualdad de condiciones, se respetará el derecho de preferencia que prevea la ley reglamentaria.

Las leyes locales organizarán el patrimonio de familia, determinando los bienes que deben constituirlo, sobre la base de que será inalienable y no estará sujeto a embargo ni a gravamen ninguno.”

IX.4.1.4. Artículo 73 constitucional

El presente artículo establece que el Congreso tiene facultad:

...

XVII. “Para dictar leyes sobre vías generales de comunicación, y sobre postas y correos, para expedir leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal.

XXIX-G. Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.”

Por lo anterior, queda establecido que la protección al ambiente en general, será atendida de manera concurrente por los tres niveles de gobierno.

IX.4.1.5. Artículo 115 constitucional

El artículo 115 establece que

“Los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobierno republicano, representativo, popular, teniendo como base de su división territorial

⁵ Las sociedades mercantiles por acciones podrán ser propietarias de terrenos rústicos pero únicamente en la extensión que sea necesaria para el cumplimiento de su objeto.

⁶ En los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los latifundios.

y de su organización política y administrativa el Municipio Libre, conforme a las bases siguientes:

...

III. Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales”;

...

El artículo anterior, establece con claridad que será responsabilidad de los gobiernos locales (en este caso municipales) el abastecimiento de agua y su posterior saneamiento.

IX.4.1.6. Artículo 133 constitucional

El artículo 133 establece que:

“Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los Tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada Estado se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de los Estados.”

El presente artículo retoma la justificación planteada al inicio del presente análisis jurídico a cerca de la desalinización del agua de mar, es decir, establece el ordenamiento jurídico mediante el cual se debe regir la nación.

En resumen, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en los artículos antes analizados establece de manera general el ordenamiento jurídico mediante el cual se regirá la nación, las competencias correspondientes al Congreso de la unión para la expedición de leyes sobre el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción federal y las funciones que deben cumplir los gobiernos municipales con respecto al abastecimiento de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales. De lo anterior, los impactos ambientales derivados de la solución del abastecimiento de agua potable mediante la desalinización de agua de mar, es la línea de acción que compete a la presente investigación.

Posteriormente mediante la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal se logró identificar de manera más específica la competencia correspondiente a las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, dando como resultado el siguiente análisis.

IX.4.2. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.

En su artículo 1º, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece las bases de organización de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal. La Presidencia de la República, las Secretarías de Estado, los Departamentos Administrativos y la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal, integran la Administración Pública Centralizada.

En el artículo 32 Bis de la ley en comento, se establece que ***“...a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, corresponde el despacho de los siguientes asuntos:***

I. Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.

II. Formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia; así como en materia de ecología, saneamiento ambiental, agua, regulación ambiental del desarrollo urbano y de la actividad pesquera, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades.

III. Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación, con excepción del petróleo y todos los carburos de hidrógenos líquidos, sólidos y gaseosos, así como minerales radioactivos.

IV. Establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas sobre la preservación y restauración de la calidad del medio ambiente; sobre los ecosistemas naturales; sobre el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestre, terrestre y acuática; sobre descargas de aguas residuales, y en materia minera; y sobre materiales peligrosos y residuos sólidos y peligrosos.

V. Vigilar y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca; y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes.

...

XII. Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos, de los servicios y del transporte.

XXIII. Organizar, dirigir y reglamentar los trabajos de hidrología en cuencas, cauces y álveos de aguas nacionales, tanto superficiales como subterráneos, conforme a la ley de la materia.

XXIV. Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes, con exclusión de los que se atribuya expresamente a otra dependencia; establecer y vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares que deban satisfacer las descargas de aguas residuales, cuando sean de jurisdicción federal; autorizar, en su caso, el vertimiento de aguas residuales en el mar, en coordinación con la Secretaría de Marina, cuando provenga de fuentes móviles o plataformas fijas; en cuencas, cauces y demás depósitos de aguas de propiedad nacional; y promover y, en su caso, ejecutar y operar la infraestructura y los servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas.

XXXI. Intervenir, en su caso, en la dotación de agua a los centros de población e industrias; fomentar y apoyar técnicamente el desarrollo de los sistemas de agua potable, drenaje, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales que realicen las autoridades locales, así como programar, proyectar, construir, administrar, operar y conservar por sí, o mediante el otorgamiento de la asignación o concesión que en su caso se requiera, o en los términos del convenio que se celebre, las obras y servicios de captación, potabilización, tratamiento de aguas residuales, conducción y suministro de aguas de jurisdicción federal.

XXXIX. Otorgar contratos, concesiones, licencias, permisos, autorizaciones, asignaciones, y reconocer derechos, según corresponda, en materia de aguas, forestal, ecológica, explotación de la flora y fauna silvestres, y sobre playas, zona federal marítimo terrestre y terrenos ganados al mar.”

De los artículos y fracciones anteriormente citados, se puede establecer que será competencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) elaborar la Norma Oficial Mexicana que se está proponiendo. Aunque la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal no menciona a la Comisión Nacional del Agua de manera expresa, por ser un órgano desconcentrado de la SEMARNAT y cuyas funciones se designan en la Ley de aguas Nacionales y en el reglamento interno de la CONAGUA, se considera que al ser una NOM en materia de descargas de aguas residuales, el área responsable del diseño de la Norma será la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental en conjunto con la Comisión Nacional del Agua.

Una vez establecida la competencia de la SEMARNAT en la ejecución de la presente propuesta de Norma y su correcta conformación a través de la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental queda por establecer de qué manera está embebida la NOM como instrumento jurídico normativo en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y consecuentemente bajo que preceptos se debe de guiar.

IX.4.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEEPA), en su título primero (disposiciones generales), capítulo I (Normas Preliminares) el **Artículo 1º** establece que: *“La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:*

- I) Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;*
- II) Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación;*
- III) La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente;*
- IV) La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas;*
- V) El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas;*
- VI) La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo;*
- VII) Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente;*
- VIII) El ejercicio de las atribuciones que en materia ambiental corresponde a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, bajo el principio de concurrencia previsto en el artículo 73 fracción XXIX - G de la Constitución;*

IX) El establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, entre éstas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales, en materia ambiental, y

X) El establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de esta Ley y de las disposiciones que de ella se deriven, así como para la imposición de las sanciones administrativas y penales que correspondan.

En todo lo no previsto en la presente Ley, se aplicarán las disposiciones contenidas en otras leyes relacionadas con las materias que regula este ordenamiento.”

En el capítulo II correspondiente a la distribución de competencias y coordinación, el Artículo 4º establece que: “*La Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios ejercerán sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.*”

Por su parte, el Artículo 5º establece que “*son facultades de la Federación:*

- I) La formulación y conducción de la política ambiental nacional;*
- II) La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal;*
- III) La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la nación, originados en el territorio o zonas sujetas a la soberanía o jurisdicción de otros Estados, o en zonas que estén más allá de la jurisdicción de cualquier Estado;*
- ...*
- V) La expedición de las normas oficiales mexicanas y la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en esta Ley;*
- VI) La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas, y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente o los ecosistemas, así como para la preservación de los recursos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias;*

...

X) *La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes;*

XI) *La regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de las aguas nacionales, la biodiversidad, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia.*

...

XV) *La regulación de la prevención de la contaminación ambiental originada por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales para el equilibrio ecológico y el ambiente;*

De acuerdo a lo anterior en el capítulo III de la Ley en comento, referente a la **Política Ambiental**, el primer Artículo del capítulo es el **Artículo 15** que establece que: “*Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios:*

- I. Los ecosistemas son patrimonio común de la sociedad y de su equilibrio dependen la vida y las posibilidades productivas del país;*
- II. Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;*
- III. Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;*
- IV. Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales;”*

Los Instrumentos mediante los cuales el Ejecutivo Federal lleva a cabo la formulación y conducción de la política ambiental son:

- Planeación ambiental
- Ordenamiento ecológico del territorio
- Instrumentos económicos

-
-
- Regulación Ambiental de los Asentamientos Humanos
 - Evaluación del Impacto Ambiental
 - Normas Oficiales Mexicanas
 - Autorregulación y Auditorías Ambientales
 - Investigación y Educación

Como se ha mencionado a lo largo del documento, el instrumento de política ambiental en que se ha apoyado la regulación del problema ambiental detectado en la presente investigación (los impactos ambientales producto de la instalación y operación de las plantas desalinizadoras) es las Normas Oficiales Mexicanas.

En el capítulo IV (Política Ambiental), sección VI correspondiente a Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental, el Artículo 36 establece que: “**Para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto:**

I.- Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destino de bienes, en insumos y en procesos;

II.- Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y la protección al ambiente;

III.- Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable;

IV.- Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación ambiental que ocasionen, y

V.- Fomentar actividades productivas en un marco de eficiencia y sustentabilidad.

La expedición y modificación de las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, se sujetará al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.”

Artículo 37. “*En la formulación de normas oficiales mexicanas en materia ambiental deberá considerarse que el cumplimiento de sus previsiones deberá realizarse de conformidad con las características de cada proceso productivo o actividad sujeta a regulación, sin que ello implique el uso obligatorio de tecnologías específicas.*

Cuando las normas oficiales mexicanas en materia ambiental establezcan el uso de equipos, procesos o tecnologías específicas, los destinatarios de las mismas podrán

proponer a la Secretaría para su aprobación, los equipos, procesos o tecnologías alternativos mediante los cuales se ajustarán a las previsiones correspondientes.

Para tal efecto, los interesados acompañarán a su propuesta la justificación en que ésta se sustente para cumplir con los objetivos y finalidades establecidos en la norma oficial mexicana de que se trate.

Una vez recibida la propuesta, la Secretaría en un plazo que no excederá de treinta días emitirá la resolución respectiva. En caso de que no se emita dicha resolución en el plazo señalado, se considerará que ésta es negativa.

Cuando la resolución sea favorable, deberá publicarse en un órgano de difusión oficial y surtirá efectos en beneficio de quien lo solicite, respetando, en su caso, los derechos adquiridos en materia de propiedad industrial.”

Artículo 37 BIS. *“Las normas oficiales mexicanas en materia ambiental son de cumplimiento obligatorio en el territorio nacional y señalarán su ámbito de validez, vigencia y gradualidad en su aplicación.”*

La sección VI correspondiente a Normas Oficiales Mexicanas en Materia Ambiental aunque es breve, deja en claro el campo de acción y fin jurídico que persiguen las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, que básicamente se resume en **garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas**.

IX.4.4. Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.

En el reglamento en materia de impacto ambiental NO existen especificaciones que deban cumplir las NOM, por lo que de nueva cuenta se consideró que dichas especificaciones estarían estipuladas en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Sin embargo, en el reglamento en Materia de Impacto Ambiental existen disposiciones concernientes a la actividad de la desalinización de agua de mar y/o salobre, aunque de manera muy escasa. Primeramente, la disposición en materia jurídico-ambiental relativa a las obras o actividades que estén relacionadas con plantas desaladoras que se encuentra en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del año 2000, señala en su artículo 5º, inciso A, fracción XII lo siguiente: *“Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la Secretaría (SEMARNAT) en materia de impacto ambiental: A)Hidráulicas... xii) Plantas desaladoras.”*

Esta disposición reglamentaria de la ley ambiental mencionada somete las obras o actividades relacionadas con dichas plantas a un procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que será la encargada de establecer las condiciones a las que se sujetarán para proteger al

ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo los efectos negativos que pudieran generarse.

Aunada a esta aislada disposición, existe un decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de abril de 2004 mediante el cual se reformaron, adicionaron y derogaron diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. En dicho decreto se incluyó, si bien por primera vez, una única disposición sobre desalación, en particular sobre agua de mar.

IX.4.5. Ley de Aguas Nacionales.

El artículo 17 de la Ley de Aguas Nacionales establece en su párrafo segundo que: *“No se requerirá concesión para la extracción de aguas marinas interiores y el mar territorial, para su explotación, uso o aprovechamiento, salvo aquellas que tengan como fin la desalinización, las cuales serán objeto de concesión.”*

En el artículo segundo transitorio de este decreto se estableció que en tanto no se expidieran los reglamentos derivados de la ley, quedarían vigentes las disposiciones del reglamento respectivo (el de 1994) en todo lo que no contraviniera lo dispuesto en el propio decreto y la ley que contiene. En este sentido, conviene mencionar que el reglamento de aplicación vigente, el de 1994, no establece nada relativo a la desalación, por lo que la actividad se encuentra apegada al marco establecido en el artículo 17 de la Ley de aguas nacionales.

IX.4.6. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

En el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales **no** se menciona nada acerca de la desalinización del agua de mar, por otra parte, como se mencionó en el análisis que se desprende de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal., corresponderá la observancia del instrumento normativo que se busca a la SEMARNAT, y muy probablemente a la CONAGUA.

A continuación se aborda la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para realizar un análisis de qué elementos debe contener la Norma Oficial Mexicana y por que la conveniencia de que sea en materia de impacto ambiental.

IX.4.7. Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

En el artículo 1º de la Ley en comento se establece que: *“La presente Ley regirá en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social. Su aplicación y vigilancia corresponde al Ejecutivo Federal, por conducto de las dependencias de la administración pública federal que tengan competencia en las materias reguladas en este ordenamiento.”*

Resulta más trascendente aún para la presente investigación lo que estipula en su artículo 2º: *“Esta Ley tiene por objeto en materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación:*

a) *Fomentar la transparencia y eficiencia en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;*

b) *Instituir la Comisión Nacional de Normalización para que coadyuve en las actividades que sobre normalización corresponde realizar a las distintas dependencias de la administración pública federal;*

c) *Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de normas oficiales mexicanas por las dependencias de la administración pública federal;*

d) *Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de normas oficiales mexicanas y normas mexicanas;*

...

g) *En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.”*

Cabe destacar que conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en su artículo 3º (definiciones), **“las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, en tanto que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria.**

X. *Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado;*

XI. *Norma oficial mexicana: La regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio ó método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.”*

Por su parte, el artículo 40 menciona que **las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:**

- I. **“Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal,**

vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;

II. *Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes o materiales;*

...

X. ***Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales;***

XI. ***Las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos que permitan proteger y promover la salud de las personas, animales o vegetales;***

...

XIII. *Las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos e instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos;*

...

XVIII. *Otras en que se requiera normalizar productos, métodos, procesos, sistemas o prácticas industriales, comerciales o de servicios de conformidad con otras disposiciones legales, siempre que se observe lo dispuesto por los artículos 45 a 47.*

Los criterios, reglas, instructivos, manuales, circulares, lineamientos, procedimientos u otras disposiciones de carácter obligatorio que requieran establecer las dependencias y se refieran a las materias y finalidades que se establecen en este artículo, sólo podrán expedirse como normas oficiales mexicanas conforme al procedimiento establecido en esta Ley.”

En el Artículo 41, dicha Ley Federal establece que **las normas oficiales mexicanas deberán contener:**

-
-
- I. *“La denominación de la norma y su clave o código, así como las finalidades de la misma conforme al artículo 40;*
 - II. *La identificación del producto, servicio, método, proceso, instalación o , en su caso, del objeto de la norma conforme a lo dispuesto en el artículo precedente;*
 - III. *Las especificaciones y características que correspondan al producto, servicio, método, proceso, instalación o establecimientos que se establezcan en la norma en razón de su finalidad;*
 - ...
 - V. *Los datos y demás información que deban contener los productos o, en su defecto, sus envases o empaques, así como el tamaño y características de las diversas indicaciones;*
 - VI. *El grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas oficiales mexicanas tomadas como base para su elaboración*
 - VII. *La bibliografía que corresponda a la norma*
 - VIII. *La mención de la o las dependencias que vigilarán el cumplimiento de las normas cuando exista concurrencia de competencias; y*
 - IX. *Las otras menciones que se consideren convenientes para la debida comprensión y alcance de la norma.”*

Artículo 43.- *“En la elaboración de normas oficiales mexicanas participarán, ejerciendo sus respectivas atribuciones, las dependencias a quienes corresponda la regulación o control del producto, servicio, método, proceso o instalación, actividad o materia a normalizarse.”*

Artículo 44.- *“Corresponde a las dependencias elaborar los anteproyectos de normas oficiales mexicanas y someterlos a los comités consultivos nacionales de normalización.*

Así mismo, los organismos nacionales de normalización podrán someter a dichos comités, como anteproyectos, las normas mexicanas que emitan.

Los comités consultivos nacionales de normalización, con base en los anteproyectos mencionados, elaborarán a su vez los proyectos de normas oficiales mexicanas, de conformidad con lo dispuesto en el presente capítulo.

Para la elaboración de normas oficiales mexicanas se deberá revisar si existen otras relacionadas, en cuyo caso se coordinarán las dependencias correspondientes para que se elabore de manera conjunta una sola norma oficial

mexicana por sector o materia. Además, se tomarán en consideración las normas mexicanas y las internacionales, y cuando estas últimas no constituyan un medio eficaz o apropiado para cumplir con las finalidades establecidas en el artículo 40, la dependencia deberá comunicarlo a la Secretaría antes de que se publique el proyecto en los términos del artículo 47, fracción I.

Las personas interesadas podrán presentar a las dependencias, propuestas de normas oficiales mexicanas, las cuales harán la evaluación correspondiente y en su caso, presentarán al comité respectivo el anteproyecto de que se trate.”

Artículo 45. “**Los anteproyectos que se presenten en los comités para discusión se acompañarán de una manifestación de impacto regulatorio**, en la forma que determine la Secretaría, que deberá contener una explicación sucinta de la finalidad de la norma, de las medidas propuestas, de las alternativas consideradas y de las razones por las que fueron desechadas, una comparación de dichas medidas con los antecedentes regulatorios, así como una descripción general de las ventajas y desventajas y de la factibilidad técnica de la comprobación del cumplimiento con la norma. Para efectos de lo dispuesto en el artículo 4A de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, la manifestación debe presentarse a la Secretaría en la misma fecha que al comité.

...”

Artículo 46.- “La elaboración y **modificación** de normas oficiales mexicanas se sujetará a las siguientes reglas:

- I. Los anteproyectos a que se refiere el artículo 44, se presentarán directamente al comité consultivo nacional de normalización respectivo, para que en un plazo que no excederá los 75 días naturales, formule observaciones; y
- II. La dependencia u organismo que elaboró el anteproyecto de norma, contestará fundadamente las observaciones presentadas por el comité en un plazo no mayor de 30 días naturales contado a partir de la fecha en que le fueron presentadas y, en su caso, hará las modificaciones correspondientes. Cuando la dependencia que presentó el proyecto, no considere justificadas las observaciones presentadas por el Comité, podrá solicitar a la presidencia de éste, sin modificar su anteproyecto, ordene la publicación como proyecto en el Diario Oficial de la Federación.

De acuerdo a lo descrito en los artículos anteriores, específicamente en al artículo 44, **las personas interesadas podrán presentar a las dependencias, propuestas de normas oficiales mexicanas, las cuales harán la evaluación**

correspondiente y en su caso, presentarán al comité respectivo el anteproyecto de que se trate.”

Artículo 51.- “Para la modificación de las normas oficiales mexicanas deberá cumplirse con el procedimiento para su elaboración.

Cuando no subsistan las causas que motivaron la expedición de una norma oficial mexicana, las dependencias competentes, a Iniciativa propia o a solicitud de la Comisión Nacional de Normalización, de la Secretaría o de los miembros del comité consultivo nacional de normalización correspondiente, podrán modificar o cancelar la norma de que se trate sin seguir el procedimiento para su elaboración.

*Lo dispuesto en el párrafo anterior no es aplicable cuando **se pretendan crear nuevos requisitos o procedimientos, o bien incorporar especificaciones más estrictas, en cuyo caso deberá seguirse el procedimiento para la elaboración de las normas oficiales mexicanas.***

Las normas oficiales mexicanas deberán ser revisadas cada 5 años a partir de la fecha de su entrada en vigor, debiendo notificarse al secretariado técnico de la Comisión Nacional de Normalización los resultados de la revisión, dentro de los 60 días naturales posteriores a la terminación del período quinquenal correspondiente. De no hacerse la notificación, las normas perderán su vigencia y las dependencias que las hubieren expedido deberán publicar su cancelación en el Diario Oficial de la Federación. La Comisión podrá solicitar a la dependencia dicha cancelación.

Sin perjuicio de lo anterior, dentro del año siguiente a la entrada en vigor de la norma, el comité consultivo nacional de normalización o la Secretaría podrán solicitar a las dependencias que se analice u aplicación, efectos y observancia a fin de determinar las acciones que mejoren su aplicación y si procede o no su modificación o cancelación.”

Artículo 60.- “La Comisión tendrá las siguientes funciones:

...

III. Recomendar a las dependencias la elaboración, modificación, cancelación de normas oficiales mexicanas, o su expedición conjunta.”

...

IX.4.8. Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Artículo 39. “Para dar cumplimiento a lo establecido en el párrafo cuarto del artículo 51 de la Ley, las normas oficiales mexicanas cuyo plazo de vigencia quinquenal

venza en el transcurso del año siguiente, deberán ser revisadas en el seno del comité consultivo nacional de normalización que las elaboró y, en su caso, incluirse en el Programa Nacional de Normalización de ese año, para llevar a cabo su modificación o cancelación.

Las dependencias competentes, con base en la opinión del comité consultivo nacional de normalización correspondiente, notificarán al secretariado técnico de la Comisión Nacional de Normalización, las normas oficiales mexicanas que, después de haber sido revisadas no requieran ser modificadas o canceladas, así como las razones de tal determinación.”

IX.4.9. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el recurso agua.

En la Tabla V se presentan las normas oficiales mexicanas y las normas mexicanas relacionadas con el tema del agua en diversas materias (límites máximos permisibles, especificaciones, procedimientos, requisitos, etc.) y el sector o dependencia encargado de su observancia (SEMARNAT; CONAGUA; SSA, etc.).

Tabla V. Normas mexicanas relacionadas con el sector agua.

Norma	Aplicación
Dependencia	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
NOM-001-SMNT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-SMNT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal
NOM-003-SEMARNAT-1997	Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público
NOM-022-SEMARNAT-	Preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
Dependencia	Comisión Nacional del Agua
NOM-003-CONAGUA-	Requisitos para construcción de pozos para prevención de contaminación de acuíferos
NOM-004-CONAGUA-1996	Requisitos para la protección de acuíferos durante mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua y cierre de pozos en general.
NOM-011-CONAGUA-2000	Conservación del recurso agua. Especificaciones y método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.
NOM-014-CONAGUA-	Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
NOM-015-CONAGUA-	Características y especificaciones de las obras y del agua para infiltración artificial a acuíferos.
Dependencia	Secretaría de Salud

Norma	Aplicación
NOM-127-SSA1-1994	Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
NOM-014-SSA1-1993	Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua potable en redes.
NOM-179-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes.
NOM-230-SSA1-2002	Requisitos sanitarios para manejo del agua en las redes de agua potable.
Dependencia	Normas Mexicanas
NMX-AA-120-SCFI-2006	Requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.

De acuerdo al análisis de los instrumentos jurídicos arriba descritos (Constitución Mexicana de los Estados Unidos Mexicanos, Leyes, Reglamentos y Normas) que tienen injerencia en torno al uso, manejo, saneamiento y disposición del recurso agua, ninguna considera las características específicas correspondientes al agua de rechazo de las plantas desalinizadoras (Alta temperatura, alta salinidad, bajo pH, compuestos químicos).

Como resultado de dicho análisis se considera que las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas arriba enlistadas representan instrumentos que podrían contener la especificidad requerida de acuerdo a lo que se persigue en la presente investigación, que es el diseño de un instrumento jurídico normativo cuya aplicación permita minimizar los impactos ambientales generados por las descargas de plantas desalinizadoras.

Al revisar las Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas se descubrió que dichas normas están catalogadas en materias diversas, por ejemplo, en materia de descargas de aguas residuales, de mediciones de concentraciones, de emisiones de fuentes fijas, etc., por lo que con base a los objetivos particulares que persigue la presente investigación, se encontraron tres posibles opciones de regulación. A continuación se realiza un análisis de las ventajas y desventajas que cada una representa.

- A) Crear una Norma Mexicana (NMX) de buenas prácticas para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.

Ventajas

Constituyen una referencia para determinar la calidad de los productos y servicios de que se trate, particularmente para la protección y orientación de los consumidores. Dichas normas en ningún caso pueden contener especificaciones inferiores a las establecidas en las normas oficiales mexicanas.

Desventajas

Las normas mexicanas no son de observancia obligatoria, sino de aplicación voluntaria, lo que no asegura su aplicación y consecuentemente la disminución del impacto ambiental de las descargas de plantas desalinizadoras sobre el medio marino

- B) Crear una Norma Oficial Mexicana (NOM) en materia de impacto ambiental para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.

Ventajas

Las Normas Oficiales Mexicanas son de observancia obligatoria.

Desventajas

El artículo 31 de la LGEEPA establece que la realización de las obras y actividades a que se refiere el artículo 28 de la Ley en comento en sus fracciones I a XII, entre las que se encuentran las plantas desalinizadoras como obras hidráulicas, requerirán la presentación de un informe preventivo y **no una manifestación de impacto ambiental, cuando existan normas oficiales mexicanas** u otras disposiciones **que regulen** las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, **todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades.**

De acuerdo a las implicaciones del artículo anteriormente citado, la creación de dicha NOM exentaría a los promoventes de la realización de Manifestaciones de Impacto Ambiental para proyectos de plantas desalinizadoras, lo que se traduciría en una menor disposición por parte de los promoventes para realizar estudios en torno a la actividad y consecuentemente habría una disminución de información que apoye en la evaluación de los impactos que generó la actividad.

Por lo anterior, no se pudo elaborar una justificación de peso para la elaboración de una NOM específica para la actividad las plantas desalinizadoras.

- C) Modificar los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Ventajas

Los parámetros en cuestión de la NOM-001-SEMARNAT-1996 están fuera del intervalo de valores correspondientes al agua de mar, lo que abrió una posibilidad de acción en la mejora de dicha norma.

Existe bibliografía que respalda la importancia de acotar el intervalo de los parámetros de salinidad, temperatura y pH para las descargas al mar.

Resulta viable de acuerdo a los mecanismos jurídicos y recursos disponibles.

Desventajas

Sólo se regularían los impactos de la descarga de salmuera al medio marino, quedando excluidos los impactos por el alto consumo energético y las consecuentes emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Se debe convencer a la Comisión Nacional de Normalización de no considerar el concentrado salino como un contaminante, para que así se logre hacer una excepción en la aplicación del método de dilución sólo para la reducción de salinidad al momento de su vertimiento.

Al realizar un balance entre las ventajas y desventajas que representa cada una de las tres opciones que se consideraron, se optó por la realización de una propuesta para modificar los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996. Lo anterior debido a que se considera que los mecanismos jurídicos existentes y los argumentos científicos con los que se cuenta, la hacen la opción más conveniente.

IX.5. Propuesta de regulación Norma Oficial Mexicana

IX.5.1. Título

Proyecto de modificación los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

IX.5.2. Introducción

En México, la disponibilidad natural de agua por habitante estimada en el 2004 fue de 4,500 m³, sin embargo, debemos considerar que existe un sesgo con respecto a su distribución geográfica ya que mientras en estados como Chiapas la precipitación anual es de 1,768 mm anuales, en estados como Baja California la precipitación anual es de 177 mm (CONAGUA, 2011), lo que nos da una idea cercana con respecto a la disponibilidad del recurso con base a la región geográfica.

La competencia entre la agricultura, la industria, las ciudades y el desmedido desarrollo turístico por los limitados suministros de agua ya están restringiendo las actividades de desarrollo en muchos países. Esta problemática de escasez, mala distribución, contaminación, sobreexplotación de los mantos acuíferos y acceso desigual, genera conflictos sociales entre los distintos usuarios y sectores económicos en una misma localidad, así como entre regiones de un mismo estado y/o entre países vecinos (Nevarez-Álvarez, 2007).

La Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1999) advirtió que México puede tener graves problemas de suministro de agua potable en el año 2025, principalmente en el Norte del país. El Noroeste de México, debido a las condiciones de mercado, es

una de las áreas más productivas y con mayor actividad económica con respecto al resto del país. Sin embargo, su desarrollo se ve amenazado por la escasez de agua, generada principalmente por los grandes periodos de sequías crónicas, el crecimiento de la población y la consecuente sobreexplotación de los acuíferos (Correa-Díaz, 2007).

La intrusión salina en varios acuíferos, la reducción de la calidad del agua y la dependencia progresiva de fuentes alejadas a los centros económicos, demuestran que en la región se ha estado aplicando un modelo de crecimiento y consecuentemente de uso de agua no sustentable (Correa-Díaz, 2007).

La desalación, como toda actividad productiva, utiliza insumos (agua de mar y energía eléctrica, principalmente) y genera residuos (gases de efecto invernadero y salmuera), mismos que se depositan de nueva cuenta en el mar. Aunque existe la normatividad encargada de regular las características físico-químicas que debe tener el agua a descargar en cuerpos declarados bienes nacionales (NOM-001-SEMARNAT-1996), ya sean estos ríos, arroyos o mares, actualmente no se cuenta con una norma que considere las características físico-químicas específicas del agua de rechazo producto de la desalinización.

El objetivo del presente trabajo es regular los elementos de la actividad de desalinización de agua de mar que generan impactos ambientales al medio biofísico.

IX.5.3. Sustento jurídico

Con fundamento en los artículos 32 bis fracciones I, II, III y IV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; artículo 5 fracciones I, II, III, V, X, XI, XII, XIII, XV y XVI, 36, 37 y 37 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Artículo 2º fracción II inciso d), 38 fracción II, 40 fracciones I, II, X, XI, XIII, 44,45,46 y 51 de la Ley Federal de Metrología y Normalización; 1,4 y 8 del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

IX.5.4. Objetivo y campo de aplicación.

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

IX.5.5. Referencias

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
 - Artículo 27 constitucional
 - Artículo 73 constitucional
 - Artículo 115 constitucional

-
-
- Artículo 133 constitucional
 - Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
 - Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
 - Reglamento en Materia de Impacto Ambiental
 - Ley de Aguas Nacionales.
 - Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
 - Ley Federal sobre Metrología y Normalización
 - Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
 - Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el recurso agua.
 - Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.
 - Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de diciembre de 1973.
 - Norma Mexicana NMZ-AA-007 Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publica en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas-Determinación de pH- Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.
 - Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno - Método de incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.
 - Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de octubre de 1981.
 - Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

-
-
- Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Métodos de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.
 - Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua - Método espectrofotométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de septiembre de 1981.
 - Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.
 - Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 1982.
 - Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales - Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1996.
 - Norma Mexicana NMX-AA-099 Determinación de nitrógeno de nitritos - Agua potable, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 1987.

IX.5.6. Definiciones

Para los efectos de esta propuesta se recomienda incluir las siguientes definiciones:

Acuífero: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del

subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo.

Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA, 1988).

Aprovechamiento sustentable: La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos (LGEEPA, 1988).

Arrecife Coralino: Construcción biológica formada por los esqueletos calcáreos de madréporas agrupadas en colonias de pólipos y algas a lo largo de las costas tropicales de aguas cálidas y poco profundas, y los materiales procedentes de la cementación y fragmentación de los esqueletos antiguos.

Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (LGEEPA, 1988).

Capacidad de Carga: Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico;

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (LGEEPA, 1988).

Desarrollo Sustentable: El proceso evaluable mediante criterios e indicadores del carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (LGEEPA, 1988).

Desequilibrio ecológico: La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos (LGEEPA, 1988).

Electrodialisis: Proceso electroquímico empleado para la desalación de agua con alto contenido en sales disueltas. El principio de funcionamiento de esta técnica es la transferencia de los iones disueltos desde el agua de aportación, a otra solución donde se concentra, a través de unas membranas selectivas al paso de cationes o aniones y mediante la aplicación de un campo eléctrico. Como resultado de este proceso se obtiene un agua producto con una concentración de sales menor que el agua de alimentación y un subproducto de rechazo, la salmuera, con una elevada concentración de sales. Las dos corrientes de agua fluyen en paralelo entre las membranas: el agua producto se desala progresivamente, mientras que la salmuera se va concentrando también progresivamente. Los cationes del agua a tratar atraviesan la membrana catiónica hacia el cátodo pasando a continuación a la salmuera. De similar manera, los aniones del agua a tratar atraviesan la membrana aniónica hacia el ánodo pasando después a la sal (María-Sánchez et al., 2009).

Estero: Terreno bajo, pantanoso, que suele llenarse de agua por la lluvia o por desbordes de una corriente, o una laguna cercana o por el mar

Humedal: Zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Manglar: Comunidad arbórea y arbustiva de las regiones costeras tropicales y subtropicales, compuestas por especies halófitas facultativas o halófilas que poseen características ecofisiológicas distintivas como raíces aéreas, viviparidad, filtración y fijación de algunos tóxicos, mecanismos de exclusión o excreción de sales; pueden crecer en diferentes salinidades que van desde 0 hasta 90 ppm alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres (Aprox. 15 ppm). En el ámbito nacional existen cuatro especies *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erecta*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* (NOM-022-SEMARNAT-2003).

Norma Mexicana: La que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

Norma Oficial Mexicana: La regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema,

actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Pastos Marinos: Son plantas (angiospermas) que se encuentran por debajo de la superficie del agua, en estuarios someros. Presentan flores, hojas, rizoma (un tronco bajo la tierra, por lo general orientado de manera horizontal) y un sistema de raíces. La mayoría de sus especies se ubican en suelo suave (limo o arena) y generalmente se distribuyen en extensos y densos manchones bajo el agua, muy similares a los campos de trigo que se observan por todas partes en tierra firme, razón por la que son denominados pastos.

Productividad primaria: Es la producción de materia orgánica que realizan los organismos autótrofos a través de los procesos de fotosíntesis o quimiosíntesis. La producción primaria es el punto de partida de la circulación de energía y nutrientes a través de las cadenas tróficas.

Salmuera: Concentrado de sales (60-80 ppm) en un medio acuoso, producto del proceso de desalinización de agua de mar ó salobre.

Zona costera: Son las aguas costeras, marinas, estuarinas y cercanas a las orillas de los grandes lagos y mares interiores, así como, una porción de tierra cercana a la costa, en donde actividades humanas y procesos naturales afectan y son afectados por lo que se da en las aguas. La extensión varía, ya que sus límites no sólo son determinados por características ambientales y geológicas, sino también por un concepto político y administrativo. De este modo, se puede incluir toda el área terrestre de las cuencas hidráulicas y toda el área acuática hasta la plataforma continental, aunque en la práctica la zona costera es una franja relativamente angosta de agua y tierra a lo largo del litoral.

IX.5.7. Especificaciones

Se propone la modificación de los siguientes apartados de la norma

El apartado 4.1 dice:

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

Se propone que dicho apartado quede:

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el

valor indicado como límite máximo permisible en las tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 7 a 8.3 unidades.

La Tabla 2 muestra:

Tabla 2. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

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

Se propone que dicha tabla quede:

Tabla 2. Límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS				EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES						AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	15-27	15-27	15-27	15-27	15-27	15-27	N.A.	N.A.	15-27	15-27
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25

Materia	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	au- sen- te	
Flotante (3)																					
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2	
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	100	175	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	100	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150	
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

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

P.D.=Promedio Diario; P.M.=Promedio Mensual:

N.A.=No es aplicable

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

En ningún apartado de la norma y/o de las tablas se considera la salinidad, por lo que se propone un apartado que establezca:

4.13 No se podrá descargar salmuera que exceda los 37 ppm al momento de su descarga al medio marino.

4.14 No se podrán realizar descargas de ningún tipo frente a zonas consideradas de alto valor ecológico tales como ecosistemas de arrecifes, arrecifes coralinos, humedales, manglares, pastos marinos, esteros, estuarios, lagunas costeras, áreas naturales protegidas, parques nacionales, reservas de la biosfera ni sus áreas de amortiguamiento, o sitios protegidos bajo algún convenio y/o tratado internacional.

4.15 Cuando se trate tan sólo de salmuera y habiendo comprobado de manera previa que el agua ha verter no contiene contaminantes químicos ni biológicos y se encuentra en el intervalo de temperatura estipulado en la tabla 2, se podrá realizar la dilución con y sólo con agua de mar.

IX.5.7.1. Disposiciones Generales

El responsable del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana deberá apegarse a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, a la Ley de Aguas Nacional y su reglamento.

IX.5.8. Observancia de esta norma.

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales por conducto de la Procuraduría de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Impacto Ambiental y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

X. Discusiones

Durante el desarrollo de la presente investigación, conforme tenía lugar la familiarización con el tema de la desalinización de agua de mar, se fueron presentando cuestionamientos acerca del costo ecológico y los beneficios sociales y económicos que dicha actividad tiene como resultado.

Hoy en día, el tema del agua en general, cobra relevancia al ser cada vez más las regiones del mundo donde se dificulta el acceso al recurso y que este sea de calidad potable, por lo que al resolver de manera eficiente dicha carencia, los beneficios que representa la desalinización de agua de mar, están por encima de cualquier costo ecológico-económico.

Debido a lo anterior es que la desalinización de agua de mar ha sido una actividad industrial recurrente desde la mitad del siglo XX, mediante la cual se ha subsanado la carencia del recurso hídrico en diferentes regiones del mundo, lo que ha permitido el crecimiento poblacional, y el desarrollo social y económico en dichas regiones.

Sin embargo, a partir de la década de los 70 en el siglo pasado, la actividad industrial de la desalinización de agua de mar comenzó a dar muestras contundentes de representar también severas afectaciones ecológicas, mismas que al ser consideradas tarde o temprano como perjuicios económicos, han ido reduciendo los números a favor de la desalinización.

Aunque existe extensa bibliografía que aborda la desalinización del agua de mar desde diferentes perspectivas, entre los documentos que han resultado trascendentes para poder cumplir con los objetivos de la presente investigación, es decir, elaborar un documento jurídico-normativo que articule las obligaciones de instituciones jurídicas e instituciones ambientales en torno a los impactos ambientales generados por las plantas desalinizadoras, están:

Primero, el estudio “Consideraciones oceanográficas para plantas desalinizadoras en la zona costera del sur de California” (en inglés) publicado por el Instituto de Oceanografía “Scripps” en 2005, ya que dicha publicación describe de manera clara y precisa los factores ambientales (oceanográficos) que se deben evaluar al llevar a cabo un proyecto de planta desalinizadora. Desde la perspectiva de la gestión ambiental, el apegarse a dicho documento (sin desdeñar o dejar de considerar otros estudios) podría ser un parteaguas en el diseño y elaboración de los estudios que se incorporen en las manifestaciones de impacto ambiental, lo que ayudaría a evaluar de mejor manera la viabilidad del proyecto en una zona costera determinada.

Y segundo, el libro “Desalación de agua con energías renovables” publicado en el 2008 por el Instituto de Investigaciones Jurídicas en conjunto con el Instituto de Ingeniería, ambos pertenecientes a la Universidad Nacional Autónoma de México. Dicho libro realiza un análisis multidisciplinario de la jurisprudencia de las instituciones con respecto al estado actual y futuro del recurso agua en el país y la obtención de la misma a través de la desalación, por lo que aportó un primer bosquejo del documento jurídico normativo requerido y ayudó en gran medida a definir el rumbo de la siguiente parte de la presente investigación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que actualmente los impactos ambientales en el medio marino, generados por las descargas de plantas desalinizadoras, parecieran ser confinados, sin embargo, conforme escasee el agua y se considere la desalinización de agua de mar como única opción para subsanar la carencia del recurso hídrico, podrían presentarse entonces mayores evidencias de que se estuvo procurando una actividad industrial con impactos acumulativos (e irreversibles) como resultado.

Por otra parte, una vez que se investigaron tanto los factores técnico-operativos más relevantes de las plantas desalinizadoras y los impactos ambientales que generan, como los instrumentos legales que rigen el recurso hídrico en México, se consideró que el instrumento jurídico normativo que ayudaría a orillar a la actividad de la desalinización de agua de mar a prácticas más sustentables ambientalmente sería una Norma.

Una vez determinado lo anterior, se debía definir con base a su aplicabilidad y limitaciones que tipo de Norma era la adecuada, por lo que se evaluaron dos posibles tipos de Normas y la modificación a una ya existente.

- Norma Mexicana (NMX) de buenas prácticas para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.
- Norma Oficial Mexicana (NOM) en materia de impacto ambiental para la regulación de la ubicación, construcción, operación y descarga de plantas desalinizadoras.
- Modificar los parámetros de salinidad, temperatura y pH establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

En el análisis realizado en el apartado IX.4.9 (Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con el recurso agua.) se pueden constatar cuales fueron las ventajas y desventajas de cada una de las opciones evaluadas, y por qué la modificación de la NOM-001-SEMARNAT-1996 se posicionó por encima de las demás opciones.

Dicho análisis no resulto fácil, ya que primeramente se encaminó la presente investigación hacia la conformación de una Norma Oficial Mexicana en materia de

impacto ambiental para la regulación específica de la normatividad, sin embargo no se logró establecer con razones de peso, inequívocas e irrefutables el por qué se debía regular la actividad industrial de la desalinización de manera exclusiva, habiendo otras industrias que causan impactos ambientales de igual o mayor magnitud.

Otro punto a favor para la consideración de otras opciones fue el hecho de que la LGEEPA en su artículo 31, establece que aquellas actividades para las cuales exista una NOM específica en la que se regulen todos los posibles impactos ambientales considerados quedaran exentas de presentar manifestación de impacto ambiental.

Lo anterior obligó a poner en la balanza la viabilidad y eficacia ambiental de la propuesta de NOM, ya que si bien es cierto que las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) se realizan con la información al alcance de los promoventes y con base a las guías de SEMARNAT, también es cierto que existen los mecanismos para la solicitud de información adicional, autorizar de manera condicionada e incluso negar la autorización. Por lo tanto, las MIA son instrumentos que elaborados de buena fe, proveen información detallada que permite realizar un análisis más amplio y objetivo de la conveniencia de un proyecto determinado.

En resumen, la conformación de la NOM específica, acotaba los impactos considerados en la presente investigación, pudiendo dejar impactos trascendentes sin considerar que podrían manifestarse con el paso del tiempo a través consecuencias ambientales adversas.

Por otra parte, la modificación de la NOM-001-SEMARNAT-1996 sólo permite la mitigación de los principales impactos al medio marino, dejando de lado propuestas que en su momento se consideran innovadoras, como sería el buscar los mecanismos para obligar a las plantas desalinizadoras a operar a través de energía renovable u orillarlos a la utilización de la mejor tecnología disponible para minimizar las impactos ambientales por la adición de compuestos químicos.

Otro aspecto a considerar entre las modificaciones de la NOM-001-SEMARNAT-1996, es que la Ley de Aguas Nacionales en su Artículo 29 BIS 4 estipula las causales de revocación de cualquier concesión, asignación o permiso de descarga, entre las que se encuentra utilizar la dilución para cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica o las condiciones particulares de descarga.

Lo anterior cobra relevancia dentro de las modificaciones a la NOM en comento, ya que se propone que:

“Cuando se trate tan sólo de salmuera y habiendo comprobado de manera previa que el agua ha verter no contiene contaminantes químicos ni biológicos y se encuentra en el intervalo de temperatura estipulado en la tabla 2, se podrá realizar la dilución sólo con agua de mar.”

Lo anterior bajo la consideración de que la salmuera tan sólo es un concentrado salino, que si bien es cierto muchas veces puede ir acompañado de compuestos químicos adicionados durante el proceso de desalinización, también puede quedar exento de los mismos al contar con un diseño que haya previsto su exención durante el proceso. Por esta razón se considera viable e incluso conveniente que una vez que se haya comprobado que se trata tan sólo de salmuera libre de cualquier otro contaminante y se tenga contemplado su vertimiento al mar, se permita la dilución.

La dilución es la única manera de reducir el concentrado salino de la salmuera (60-80 ppm) a valores que en el medio marino no causen afectaciones como las reportadas en diferentes partes del mundo (Ver apartado IX.3.3 Vertimiento del agua de rechazo (salmuera) producto de la desalinización del agua de mar.)

XI. Conclusiones

La desalinización de agua de mar genera impactos ambientales al medio biofísico marino, terrestre y atmosférico, muchos de los cuales no se han cuantificado en magnitud.

Las afectaciones al medio marino por parte de las plantas desalinizadoras han sido minimizadas debido a los beneficios económicos y sociales que representa la obtención de agua en zonas donde el recurso es limitado o carente en su totalidad.

La modificación de la NOM-001-SEMARNAT-1996 representa la regulación deseada que se pretende conllevará a una disminución de los impactos ambientales que tienen lugar en el medio marino, dejando de así de verse afectadas las comunidades bentónicas costeras por el vertimiento de salmuera.

Se considera que, aunque la actividad de la desalinización de agua de mar está contemplada en el artículo 17 de la Ley de Aguas Nacionales, el impulsar la presente propuesta de modificación a la NOM-001-SEMARNAT-1996 en conjunto con una rigurosa evaluación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental para proyectos de plantas desalinizadoras, permitirá que la actividad de desalinización de agua de mar y el vertimiento de salmuera al medio marino causen una menor afectación a los ecosistemas costeros-bentónicos, lo que reduciría las externalidades negativas que ocasiona y aproximaría la actividad a la sustentabilidad.

Anexo I. Lista de las 100 Plantas Desalinizadoras más grandes del mundo, en construcción u operación en Enero de 2005. Tomado de Wangnick/GWI. 2005.

País	Localidad	Capacidad Total (m3/d)	Fuente	Inicio de construcción (año estimado)	Año de Operación (estimado)
Saudi Arabia SA	Shuaiba III	880,000	Mar	2004	2007
Saudi Arabia SA	Ras Al-Zour	800,000	Mar	2004	2007
Saudi Arabia SA	Al Jobail II Ex	730,000	Mar	2004	2007
UAE AE	Jebel Ali M	600,000	Mar	2008	2011
Kuwait KW	Al-Zour North	567,000	Mar	2004	2007
UAE AE	Shuweihat	455,000	Mar	2001	2004
UAE AE	Shuweihat 2	454,600	Mar	2004	2006
USA US	CA San Francisco	454,200	Mar	2006	2008
UAE AE	Fujairah II	454,000	Mar	2004	2007
UAE AE	Qidfa	454,000	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Al Jobail	408,600	Mar	2004	2007
Israel IL	Ashkelon	395,000	Mar	2001	2004
Saudi Arabia SA	Shuaiba III	390,908	Mar	2000	2003
UAE AE	Jebel Ali L-2	363,200	Mar	2004	2007
USA US	TX Pt. Comfort	340,650	Mar	2004	2006
UAE AE	Jebel Ali L-1	317,800	Mar	2003	2005
UAE AE	Jebel Ali N	300,000	Mar	2010	2013
Kuwait KW	Sulaibya	300,000	Residual	2001	2003
India IN	Minjur Chennai	300,000	Mar	2005	2006
UAE AE	Taweelah B III	295,490	Mar	2005	2008
UAE AE	Fujairah	295,100	Mar	2001	2003
UAE AE	Umm Al Nar	284,125	Mar	2000	2002
USA US	PR Puerto Rico	284,000	Mar	2004	2006
UAE AE	Mirfa	277,000	Mar	2004	2007
Bahrain BH	Hidd 3	272,400	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Al Jobail I Ext	272,000	Mar	2004	2007
Saudi Arabia SA	Al Jobail III	272,000	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Al Khobar IV	272,000	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Shuaiba IV	272,000	Mar	2004	2007
USA US	CA Orange Count	265,000	Río	2004	2007
USA US	CA Fountain Val	264,950	Residual	2004	2006
Libya LY	Tripoli	250,000	Mar	2004	2006
UAE AE	Taweelah A1 Ext	239,680	Mar	2000	2003
UAE AE	Taweelah C RO	227,300	Mar	2003	2006
Saudi Arabia SA	Ras Az Zawr	227,000	Mar	2004	2006
Qatar QA	Ras Laffan	227,000	Mar	2006	2009
Kuwait KW	Subiya 2	227,000	Mar	2004	2006
Kuwait KW	Subiya	227,000	Mar	2003	2007
USA US	CA Carlsbad	189,250	Mar	2005	2008
USA US	CA Huntington B	189,250	Mar	2004	2006
USA US	CA San Diego	189,250	Mar	2004	2006
UAE AE	Jebel Ali K II	182,000	Mar	2000	2002
Saudi Arabia SA	Al Bahah I	182,000	Mar	2004	2006
Qatar QA	Ras Laffan	182,000	Mar	2001	2004

País	Localidad	Capacidad Total	Fuente	Inicio de construcción	Año de Operación
Qatar QA	Ras Laffan 2	181,840	Mar	2004	2007
UAE AE	Fujairah	170,000	Mar	2001	2004
Spain ES	Malaga	165,000	Salobre	2001	2003
Kuwait KW	Shuwaikh	163,000	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Al Wasia	153,000	Salobre	2002	2004
Israel IL	Negev Arava	152,000	Salobre	2004	2006
USA US	FL Boca Raton	151,400	Río	2001	2003
Libya LY	Benghazi South	150,000	Mar	2004	2006
Spain ES	Murcia	147,000	Mar	2003	2004
Jordan JO	Zara Maain	145,344	Salobre	2003	2005
Jordan JO	Zara Maain	145,000	Salobre	2003	2005
China CN	Yantai	143,000	Mar	2004	2006
Israel IL	Ashdod	137,000	Mar	2004	2007
Israel IL	Hadera-Caesarea	136,260	Mar	2004	2007
Singapore SG	Singapore I	136,000	Mar	2003	2005
Iraq IQ		130,000	Salobre	2004	2005
Mexico MX	Hermosillo	128,690	Mar	2001	2004
Australia AU	WA Perth	123,300	Mar	2004	2006
Spain ES	Carboneras	120,000	Mar	2000	2001
Singapore SG	Ulu Pandan	116,000	Residual	2004	2006
UAE AE	Umm Al Nar IWPP	115,244	Mar	2003	2007
Egypt EG	Sinai	113,650	Mar	2004	2006
Trinidad To. TT	Point Lisas	113,636	Mar	2000	2002
Saudi Arabia SA	Tabuk I	113,636	Mar	2004	2007
USA US	FL Palm Beach 3	113,550	Río	2002	2004
UAE AE	Jebel Ali G RO	113,500	Mar	2005	2007
Kuwait KW	Al-Zour North	113,500	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Shuqaiq II	109,000	Mar	2004	2006
USA US	TX El Paso	104,088	Salobre	2004	2006
USA US	CA Dana Point	102,195	Mar	2004	2006
UAE AE	Mirfa	102,000	Mar	2000	2001
Algeria DZ	Algiers Djinet	100,000	Mar	2004	2006
Algeria DZ	Algiers Zeralda	100,000	Mar	2004	2006
Algeria DZ	Mostaganem	100,000	Mar	2004	2007
USA US	TX Brownsville	94,625	Mar	2005	2007
USA US	TX Freeport	94,625	Mar	2005	2007
USA US	FL Tampa Bay II	94,625	Mar	2004	2007
USA US	TX Corpus Chris	94,625	Mar	2004	2006
USA US	FL Tampa Bay	94,625	Mar	2001	2003
USA US	FL S. Miami Hei	94,625	Río	2004	2006
Pakistan PK	Karachi	94,625	Mar	2004	2006
Pakistan PK	Gwadar	94,625	Salobre	2004	2006
Iran IR	Bandar Imam	93,600	Salobre	2000	2002
Singapore SG	Bedok	92,000	Mar	2004	2006
Saudi Arabia SA	Buraydah	91,000	Mar	2003	2004
Qatar QA	Ras Abu Font B1	91,000	Mar	2004	2007
Oman OM	Barka	90,920	Mar	2000	2003
Algeria DZ	Arzew	88,888	Mar	2003	2005
Algeria DZ	Arzew	88,000	Mar	2001	2003

País	Localidad	Capacidad Total	Fuente	Inicio de construcción	Año de Operación
Israel IL	Haifa	83,270	Mar	2004	2006
Israel IL	Palmachin	83,270	Mar	2004	2006
Israel IL	Palmahim	83,270	Mar	2003	2006
Israel IL	Ashdod	82,190	Mar	2003	2006
Israel IL	Shomrad	82,190	Mar	2003	2006
Libya LY	Azzawiya	80,000	Mar	2004	2006
Libya LY	Misurata	80,000	Mar	2004	2006
Capacidad Total		21,404,184			

XII. Bibliografía.

- Aceves-Ávila, Carla D. 2008. La sostenibilidad en proyectos de desalación con energías renovables: una perspectiva jurídica. En Desalación de Agua con Energías Renovables. Capítulo VIII. Nava-Escudero, César e Hiriart-Le Bert, Gerardo, coordinadores. Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México. 281 págs.
- Anaya-Garduño, Manuel y Martínez, José. 2007. Manual sobre Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia para Uso Doméstico y Consumo Humano. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Texcoco, estado de México. 151 págs.
- Arreguín *et.al.*, 1998. Estado del arte de la desalinización de agua y eliminación de sales y desinfección de agua para consumo humano en zonas rurales, utilizando energía solar. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Informe final. 130pp.
- Arreguín, F., Domínguez, M. 2000. Desalinización del agua. Ingeniería Hidráulica en México. Volumen XV. Número 1. 27-49 pp.
- Chesher, R.H. 1971. Biological impact of a large-scale desalination plant at Key West, Florida. Office of research and monitoring environmental protection agency. 168 págs.
- Chesher, R. H. 1975. Biological impact of a large-scale desalination plant at Key West, Florida. Elsevier oceanography series, vol. 2, 99-164 págs.
- Cooley, Heather; Gleick, Peter H; Wolff, Gary. 2006. Desalination, with a grain of salt. A California Perspective. Pacific Institute. EE.UU. 88 págs.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2003. Consumo de agua en las principales localidades del Noroeste de México. Gobierno de México.
- Correa-Díaz, F. 2007. Evaluación de la sustentabilidad en la instalación de plantas desaladoras de agua de mar en la región noroeste de México. Departamento de ingeniería de procesos. Gran Canarias, Universidad de las Palmas de Gran Canaria Tesis Doctoral: 214 págs.
- Danoun, Rashad. 2007. Desalination Plants: Potential impacts of brine discharge on marine life. The Ocean Technology Group. The University of Sydney, Australia. 55 págs.
- Del Bene, J.V., G. Jirka, and J. Largier. "Ocean brine disposal." Desalination, vol. 97 (1994):365-372 págs.

-
-
- Einav, R., Harussi, K., Perry, D. (2002). The Footprint of the Desalination Processes on the Environment. Blue Ecosystems, Nature Conservation, Environmental Consulting, EIA, Hagat 177, Zichron Yaakov 30900. 141-154 pp. Israel.
- Foro Mundial del Agua (4^o). 206. México. www.worldwaterforum4.org.mx
- Gacia, Esperanza; Ballesteros, Enric. 2001. El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas. Centre d'Estudis Avançats de Blanes. 13 págs.
- Hanbury, W. T., Hodgkiess, T., Morris, R. (1993). Desalination Technology 93. An Intensive Course. Porthan Ltd., Easter Auchinloch. Lenzie, Glasgow, UK.
- INEGI. 2000. Censo de Población y de Vivienda de México. Gobierno de México.
- Jenkins, Scott A. y Wasyl, Joseph. 2005. Oceanographic considerations for desalination plants in southern California coastal Waters. Scripps Institution of oceanography technical report. San Diego, EE.UU. 115 págs.
- Mabrook, B. 1994. Environmental impact of waste brine disposal of desalination plants, Red Sea, Egypt. Desalination. 97:453-465 págs.
- María-Sánchez, Juan; Casañas-González, Antonio; García Sánchez-Colomer, Manuel Ramón; Zarzo-Martínez. Antonio José. 2009. Guía de Desalación: Aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano. Ministerio de Sanidad y Política Social, Gobierno de España. 205 págs.
- Millero, F.J. y Sohn, M.L. 1992. Chemical Oceanography, CRC Press, Londres. 531 págs.
- Nevarez-Álvarez, L., F. (2007). Evaluación del potencial de una planta desalinizadora de agua de mar, asociada a un sistema de energías renovables (eólica e hidrógeno), para abastecimiento de agua y energía en comunidades rurales. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de Licenciatura. 76 pags.
- Plan de Desarrollo Urbano de San José del Cabo, 2002. Municipio de San José del Cabo. Consultado el 22 de Octubre del 2008. World Wide Web: www.loscabos.gob.mx.
- Poder Ejecutivo Federal. 1917. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la

Federación 5 de Febrero de 1917. (Texto Vigente, última reforma publicada DOF 14-07-2011).

Poder Ejecutivo Federal. 1994. Ley Federal de Procedimiento Administrativo. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación 4 de Agosto de 1994. (Texto Vigente, última reforma publicada DOF 30-05-2000).

Poder Ejecutivo Federal. 1992. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación 1º de Julio de 1992. (Texto Vigente, última reforma publicada DOF 30-04-2009).

Poder Ejecutivo Federal. 1976. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación 29 de diciembre de 1976. (Texto Vigente, última reforma publicada DOF 17-06-2009).

Poder Ejecutivo Federal. 1992. Ley de Aguas Nacionales. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación 1º de diciembre de 1991. (Texto Vigente, última reforma publicada DOF 18-04-2008).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2011. Sección de Agua. Se actualiza diariamente. Consultada el 10 de marzo de 2011. <http://www.unep.org/themes/freshwater/>.

Secretaría de Energía [SENER]. 2008. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Diario Oficial de la Federación del 28 de noviembre de 2008.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Versión de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (28 de enero de 1988) que incorpora las modificaciones y la adición publicadas en el Diario Oficial de la Federación del 07 de enero de 2000 y del 12 de febrero de 2007, respectivamente. Ciudad de México, D.F.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación del 30 de mayo de 2000. Ciudad de México, D.F.

Swanson, J. C. Mueller, C and Barrett, S. 2006. Analysis of intake and discharge salinity regimes for a desalination plant. Applied science associates. September 2006.1-5 págs..

Torres, M., Medina, J. A. (1999). Desalination in Spain, a Race for Lowering Power Consumption. IDA World Congress on Desalination and Water Reuse. San Diego, USA.

Torres, M. (1999) La desalación de agua de mar. Tecnologías de vanguardia. Informe privado.

U.S. Census Bureau. 2011. Population clocks. <http://www.census.gov/main/www/popclock.html>

Valero, Antonio; Uche, Javier; Serra, Luis. 2001. La desalación como alternativa al Plan Hidrológico Nacional. Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE). Universidad de Zaragoza. Centro Politécnico Superior. Presidencia del Gobierno de Aragón. España. 108 págs.

Vries, M.B., Delvigne, G.A.L., and Thabet, R.A.H. 1997. Relocation of desalination plant's outfall in the U.A.E in order to minimise environmental damage. IDA World congress on desalination and water reuse. Madrid, España.

Water Desalination Report (WDR). 1970. Vol. VI, No. 11 March 12.

World Meteorological Organization. 1999. Resource directory of women in meteorology, hydrology and related fields - The Official WMO Geneva Switzerland.

York, R. and M. Foster. (2005). Issues and Environmental Impacts Associated with Once-Through Cooling at California's Coastal Power Plants. California Energy Commission. Sacramento, California., http://www.energy.ca.gov/2005_publications/CEC-700-2005-013/CEC-700-2005-013.PDF.

Zarza, E. (1998). Desalación. Encuentro Medioambiental Almeriense: en busca de soluciones. Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). España. 26 pp.

Direcciones electrónicas de consulta:

<http://www.fao.org/docrep/007/v5695e/V5695E43.htm>

<http://www.jornada.unam.mx/2008/06/09/index.php?section=sociedad&article=045n1soc> (p)

<http://www.agua.org.mx/content/view/5014/89/>

<http://www.jornada.unam.mx/2008/06/09/index.php?section=sociedad&article=045n1soc> (p)

<http://www.oomsapaslc.gob.mx/publico/Noticias/index.aspx?Seccion=1&Art=6;>

www.cimar.ucr.ac.cr/Oceanografia/capitulo7.pdf

<http://www.bibliojuridica.org/libros/libro.htm?l=2524>

<http://www.lavozlibre.com/noticias/ampliar/159667/-gamesa-suministrara-a-eolia-162-aerogeneradores-para-proyectos-eolicos-en-mexico->

<http://www.energia.inf.cu/iee-mep/www/www.conae.gob.mx/renovables/eolica.html>

<http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/IntroOc/notes/lectura09.html>
http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=102&l=s
http://www.insmet.cu/sometcuba/boletin/v06_n02/art_yunit04.htm
<http://hispagua.cedex.es/node/61332#5>
<http://www.nrel.gov/gis/mapsearch.html>
<http://ponce.sdsu.edu/onlinesalinity.php>
http://www.salinitymanagement.org/Salinity%20Management%20Guide/ls/ls_3d.html
http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_7/2_7_9.html
<http://www.lenntech.es/calculadoras/conductividad/conductividad.htm>
<http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/>