

Los mares mexicanos como socio territorios sustentables y estratégicos para México

The Mexican sea as sustainable and Strategic socio-territories for México

Lorenzo Zambrano Salgado
Pedro Joaquín Gutiérrez Yurrita

Resumen:

Los mares mexicanos, en especial el Golfo de México en el Océano Atlántico, constituyen un recurso natural de inmensa importancia social, económica, ecológica y de desarrollo tecnológico para México y el Mundo. Aprovechar racionalmente los recursos marinos y costeros depende del grado de conocimiento que tengamos de su naturaleza para explicar, en gran medida, su enorme diversidad ecológica que da como resultado gran riqueza y variedad de servicios ecosistémicos: provisión, regulación, cultural y soporte.

A su vez, cada zona marino-costera se diferencia claramente en diversos estratos geológico-marinos: playas de arena con gran plataforma continental, acantilados, esteros, estuarios, lagunas costeras, zona pelágica y abismal, por ejemplo. La investigación oceanográfica de los ecosistemas marinos para que sea efectiva debe ser integral, con una nueva visión de cómo los mares y costas afectan y se ven afectados por fenómenos atmosféricos y continentales. De igual forma, la presión social sobre los recursos marinos es cada vez más intensa, de tal modo que su actuación, a veces desorganizada, se ve reflejada en los impactos ambientales de nuestros mares; impactos que trascienden las fronteras mexicanas, pero que simultáneamente, reciben la influencia de afectaciones allende nuestra jurisdicción nacional marítima. Desarrollar una estrategia holística de gestión de nuestros mares y costas requiere nuevas o radicalmente mejoradas instituciones administrativas y de investigación, con objetivos transversales, equipo moderno y apoyo económico directo a la investigación y desarrollo de tecnología. También se requiere fortalecer la escasa vinculación entre los sectores académicos, privados y gubernamentales para organizar una agenda marina para el desarrollo sustentable de los mares y costas de México.

Palabras Clave: mares, ecosistemas, investigación, política oceánica, problemas ambientales

Abstract:

The Mexican seas, especially the Gulf of Mexico in the Atlantic Ocean, constitute a natural resource of immense social, economic, ecological and technological development importance for Mexico and the World. Rationally taking advantage of marine and coastal resources depends on the degree of knowledge we have of their nature to explain, largely, their enormous ecological diversity that results in great wealth and variety of ecosystem services: provision, regulation, culture and support.

In turn, each marine-coastal zone clearly differed in various marine geological strata: sandy beaches with large continental shelf, cliffs, estuaries, estuaries, coastal lagoons, pelagic and abysmal areas, for example. Oceanographic research of marine ecosystems to be effective must be comprehensive, with a new vision of how seas and coasts affect and are affected by atmospheric and continental phenomena. Similarly, the social pressure on marine resources is increasingly intense, so that their performance, sometimes disorganized, it reflects in the environmental impacts of our seas; impacts that transcend Mexican borders, but that simultaneously receive the influence of affectations beyond our national maritime jurisdiction.

Developing a holistic management strategy for our seas and coasts requires new or radically improved administrative and research institutions, with crosscutting objectives, modern equipment and direct economic support for technology research and development. It is also necessary to strengthen the weak link between academic, private and government sectors to organize a marine agenda for the sustainable development of the seas and coasts of Mexico.

Keywords: seas, ecosystems, research, ocean policy, environmental problems

Introducción.

Muchas páginas se han escrito sobre los mares y las costas de México. Abundan escritos desde la época de los grandes viajeros y exploradores del S. XVI y subsecuentes, cuando se cartografiaron los límites continentales e insulares, y se dejaron claras las enormes riquezas de recursos como de regiones fisiográficas; La Nueva España sirvió de pivote para que las exploraciones marinas de la corona española se extendieran hacia el Mar del Sur (Océano Pacífico) bordeando la costa atlántica de norte a sur y, posteriormente hacia el norte para encontrar otro paso marino como el de Magallanes; y hacia el oeste, hasta llegar a Filipinas, estableciendo importantes aportes a la oceanografía mundial, no sólo por la cartografía sino también por la descripción de los recursos marinos más importantes para la pesca de peces o perlas, por ejemplo (Ortega, 1999). Ya en el México independiente se reconoce la relevancia

económica de nuestros mares, pero no se hace mucho para su protección y asegurar la conservación de nuestros recursos, a pesar de que hemos firmado todos los convenios internacionales sobre regulación marina (Gutiérrez-Yurrita, 2000). Cabe decirse que los últimos gobiernos federales han tenido poca preocupación por asegurar la conservación de nuestros recursos costero-marítimos, ya que, desde la Ley Federal del Mar, de 1986, cuando fue creada, con fines económicos, no ha sido reformada ni una sola vez, y que todas las iniciativas de ley para proteger manglares, costas y mares han sido desestimadas. El senado en funciones (LXIV legislatura, 2019) convocó a una reunión de expertos y público interesado el 9 de octubre del mismo año para analizar la situación de nuestros sistemas marino-costeros y buscar la manera de hacer una nueva ley o reforma a la del 86, sin llegar a claras soluciones ni propuestas.

En la exposición de motivos de la Ley de Navegación y Comercio Marítimo se establece que: «México ha vivido de espaldas al mar no obstante la tradición marinera que hemos mostrado a lo largo de nuestra historia, hoy en día se continúa ignorando tanto las grandes riquezas de nuestros vastos litorales como las enormes ventajas que ofrece el mar como medio de comunicación» (Gaceta Parlamentaria 2495-V, 2008).

Sin embargo, es una Ley que nace con un propósito muy específico y no habla de conservación de los mares, control de contaminación, aprovechamiento de recursos, entre otros temas relevante a la materia.

Bajo este esquema actual y de recientes acontecimientos marinos como el masivo arribazón de sargazo a nuestras costas y playas, este documento constituye una reflexión sobre la importancia que tiene las ciencias oceánicas para México dada nuestra privilegiada posición geográfica entre dos grandes océanos, el Atlántico al oriente y el Pacífico al poniente, así como a los golfos y mares que nos circundan.

Enfatizamos la urgente necesidad de tener una normatividad moderna y audaz, tanto como una Política Oceánica Nacional, que nos permita atender eficaz y eficientemente todos los asuntos relacionados con estas ingentes masas de agua donde ejercemos plena soberanía (mar territorial) y soberanía económica (Zona Económica Exclusiva, Plataforma Continental y cualquier otra zona que nos permita el derecho internacional aprovechar) (Ley Federal del Mar, 1986).

La correcta gestión de los recursos oceánicos sólo puede realizarse con un adecuado conocimiento de la diversidad biológica oceánica, sus amenazas, causas de evolución, tasas de renovación e historias de vida; así como investigación oceanográfica tanto exploratoria como de modelación y de desarrollo tecnológico para aprovechar de manera sostenible los recursos pesqueros, acuícolas, planctónicos, energéticos, acuáticos, mineralógicos, por ejemplo (Valero y col. 2017).

Ponemos de manifiesto que el océano representa un medio idóneo para que México ejerza el liderazgo mundial que nos hemos negado, al darle la espalda. Ver al océano de frente, con investigaciones científicas, tecnológicas y socioeconómicas, ayudará a resolver gran parte de la problemática que hoy por hoy enfrentan nuestras costas y mares (Vidal y Zambrano. 2011), (Reyes y col. 2016a).

De igual forma, una Política Oceánica Nacional integral, redundaría en una mejoría sustancial de los indicadores mexicanos sobre seguridad alimentaria, seguridad laboral, seguridad energética, seguridad nacional y en general, seguridad humana (Gutiérrez-Yurrita y col. 2015), basta con tener en mente que tenemos soberanía plena en una superficie oceánica de más de 231,813 km² y soberanía económica en más de 2,918,107km² según De la Lanza (2004).

México tiene la enorme facilidad de mirar simultáneamente a Europa y Asia con fines comerciales; de igual forma, ambos océanos nos facilitan rutas comerciales tanto al norte (Estados Unidos, Canadá, Rusia...) como al sur (Centro América, África, Sudamérica). Esta facilidad nos favorece, asimismo, para crear lazos de investigación sobre muchos temas que afectan nuestras costas y corrientes marinas (recordemos que poseemos aproximadamente 11,122 km de línea de costa), vientos alisios y las temporadas de huracanes y en particular nuestro Sistema de información y análisis marino-costero (SIMAR), tan necesario para generar un desarrollo turístico sostenible (Johnson y col. 2019). En síntesis, cuando decimos que una Política Oceánica Nacional integral ayudaría a mejorar considerablemente la Seguridad Humana mexicana nos referimos a que este indicador incluye disminuir la vulnerabilidad de la población mexicana relacionada con cuestiones ambientales, como el cambio climático, eventos marino-costeros como mar de fondo, tsunamis, retirada de mar, etc. (Peláez y col. 2015).

Hacemos un llamado para que se fortalezcan los apoyos gubernamentales para incrementar la investigación oceánica, así como las facilidades para realizar convenios internacionales en el campo de generación tecnológica (Duffy y col. 2019). Estas simples acciones ayudarán a monitorear con más celeridad y precisión lo que ocurre en el agua y su repercusión en la atmósfera, costas y recursos naturales y minerales (Reyes y col. 2016b,). Es necesario, y de manera más urgente, realizar los estudios científicos que permitan conocer la naturaleza regional de los ecosistemas oceánicos y costeros y cómo impacta la vida de millones de mexicanos y mexicanas que dependen de ellos, con estas acciones se aumentaría considerablemente la base de metadatos de Info-océanos de México, gestionada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (CONABIO, 2019).

2. La importancia del océano para la sociedad

El pago por servicios ecosistémicos establecido por Naciones Unidas con el concurso de la mayoría de los países que forman parte de dicha organización cada día cobra más importancia como eje articulador de la política que apuesta por un desarrollo sostenible (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Los mares y costas poseen los cuatro atributos que conforman los servicios ecosistémicos imprescindibles para un desarrollo duradero:

Servicios de provisión: productos tangibles que obtenemos al aprovechar la estructura de un ecosistema: pesca, productos derivados de algas marinas, mangle, arena, agua, entre otros.

Servicios de regulación: representan los beneficios que obtenemos por las funciones ecológicas que regulan fenómenos naturales como el clima y la calidad de agua.

Servicios culturales: son los bienes intangibles que nos aporta el mar, la costa y sus paisajes: recreación, desarrollo de actividades sociales, espirituales, inspiracionales, por decir algunos.

Servicios de soporte: son los beneficios que los procesos ecológicos nos otorgan al favorecer la creación y desarrollo de otros servicios ecosistémicos, como la formación de suelo.

El océano es crucial para la vida en la Tierra, la mantiene en balance entre las fases atmosférica, terrestre y acuática, la modifica y regula el clima (Castro y Huber, 2000). Sus 1.4 mil millones de kilómetros cúbicos de agua salada cubren el 70% de la superficie del globo terráqueo y representan el 97% del agua libre.

En México, la superficie marina que nos pertenece supera a la terrestre en 1.5 veces, es decir, el 60% de nuestro territorio es mar (CONABIO, 2019), (Ilustración 1). Alberga la mayor cantidad de biomasa y biodiversidad, nos provee de agua, alimento, energía, minerales, productos naturales y fármacos, nos sirve de medio de transporte barato, de vertedero de desechos y de medio de esparcimiento.



Ilustración 1. Litorales Marítimos de México. Fuente: <https://www.paratodomexico.com/geografia-de-mexico/litorales-de-mexico.html>.

Por otra parte, el océano representa un inmenso valor para la economía de México dada la superficie marina bajo su jurisdicción. La contribución económica de las zonas marinas mexicanas está fincada en la extracción, el procesamiento y la distribución de hidrocarburos, en su dinámica actividad pesquera, en sus desarrollos agropecuarios y turísticos, en los intensos movimientos de sus complejos portuarios y en el tránsito marítimo requerido por las actividades industriales y comerciales (FAO, 2018).

El desarrollo tecnológico y científico mexicano vinculado a la oceanografía han cobrado relevancia en las últimas tres décadas y ha contribuido sustancialmente en el desarrollo del país. No obstante, esta importante contribución, el avance oceanográfico mexicano dista mucho de ser medianamente óptimo y está comparativamente rezagado con respecto a lo que ocurre en otros países desarrollados e incluso algunos en vías de desarrollo, en especial, de cara a su conservación, protección como Área Natural, dado que sólo el 22.3% de nuestros mares están decretados bajo alguna figura como ANP (SEMARNAT, 2018).

Las dos principales fuentes de ingreso de la economía mexicana, sin considerar las remesas que envían anualmente nuestros trabajadores migratorios que residen en el extranjero, son el turismo en primer lugar y con diferencia sobre el resto de las actividades económicas (16% del PIB) y de la industria, básicamente asociada al petróleo (Parcerisa, 2017). En el Golfo de México y en las aguas contiguas de los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche se concentra el 96% de la producción nacional de petróleo y de gas natural y se desarrollan las actividades industriales afines de refinación (Vidal y col., 1994). La Bahía de Campeche contribuye con el 80% de la producción de crudo mexicano, y el 90% de su infraestructura para procesar el petróleo y el gas natural está situada en la zona costera del Golfo de México y en su Zona Económica Exclusiva. Estudios geofísicos realizados recientemente han corroborado la existencia de extensos depósitos de petróleo en las aguas profundas y someras del Golfo de México; al menos 7 yacimientos nuevos aportarían una reserva de 180 millones de barriles de crudo (Mendoza 2018).

Dentro de la derrama económica que nos dejan las playas, mares y costas, producto del turismo y de todo el sector servicios, se genera el 59.5% del PIB nacional, así como miles de empleos directos e indirectos (Medina y Gutiérrez-Yurrita 2016). En este sentido el futuro es halagador pues existe un enorme potencial de desarrollo en muchos sentidos. Nuestras zonas costeras están despobladas en comparación con el centro del país y la mayor migración interna se dirige a los desarrollos costeros, de tal forma que conforme crezca nuestra población el

desarrollo comercial y residencial se acelerará en estas áreas. Este desarrollo económico puede ser muy positivo si logramos sostenerlo respetando la calidad prístina del medio natural que atrae a los turistas, pero para eso, se necesitan normas actualizadas sobre cómo realizar una ordenación territorial basada en estrategias de conservación de patrimonio paisajístico (Téllez y Gutiérrez-Yurrita 2018).

Bajo esta premisa, la ordenación consideraría los aspectos históricos, presentes y futuros del territorio; las necesidades y demandas sociales; el entorno ecológico y su capacidad de aprovechamiento sostenible, así como las acciones para preservar su funcionamiento ecológico, bajo la gestión de dominios ecológicos (Gutiérrez-Yurrita y col., 2017).

Sin embargo, a pesar de la enorme y valiosa importancia del océano para nuestras vidas y bienestar económico, los mexicanos no hemos hecho lo suficiente para explorarlo correctamente y estudiarlo a profundidad con criterios científicos. Situación que ha impedido que lo aprovechemos al máximo y protejamos adecuadamente. Por ignorancia y negligencia muchos de nuestros desarrollos urbanos y centros turísticos costeros están seriamente contaminados, por muy diversas causas, siendo las principales el indiscriminado vertedero de aguas negras y

de residuos industriales al mar. Más aún, no hemos invertido lo necesario en investigación oceanográfica para proteger nuestras vidas y propiedades de los catastróficos efectos causados por huracanes, variaciones del nivel del mar y terremotos (Reyes y col. 2016a; 2016b).

De acuerdo con Schwartzlose y Álvarez-Borrego (2002), En México se han realizado estudios exploratorios desde hace 280 años, se han colectado especímenes biológicos desde hace 135 años y se tienen estudios más específicos y de forma sistemática en oceanografía y ciencias marinas desde hace unos 35 años (actualizando la información, sería que lleva México con estudios específicos en ciencias marinas unos 50 años). CONABIO tiene una iniciativa desde hace unos años para recopilar la información sobre nuestros mares y costas en una especie de repositorio nacional de artículos, tesis, proyectos, base de datos, etc. Referentes al tema en comento. La base de CONABIO cuenta con más de 130 mil registros, 215 repositorios, 13 mil especies biológicas, 248 investigadores, 59 Instituciones y 2 millones de datos (CONABIO, 2019). De un total de 100,708 archivos, los campos sobre los que se tiene más información son: Acuicultura (1%), Conservación (13%), Ecología (45%), Pesca (38%), Oceanografía (1%), Sociología (1%), Turismo (<1%) y otros (<1%); y aproximadamente el 56% de la información proviene del Océano Pacífico, el 42% del Atlántico y el 2% sistemas de agua dulce.

Es evidente que la investigación oceanográfica está muy rezagada al igual que la socioeconómica y ni se diga de la turística. Siendo éstos tres campos cruciales y considerados de seguridad nacional para la Nación, dada su repercusión en los indicadores del PIB y en la prevención de riesgos de desastres. Los motivos que han frenado el desarrollo oceanográfico mexicano son diversos, pero tienen una fuerte componente histórica y cultural. La población mexicana y su historia moderna se han concentrado en el interior del país, el cual es geográficamente más conducente al desarrollo agrícola. México ha estado mucho más enfocado hacia el desarrollo de sus recursos terrestres del altiplano y menos interesado en aquellos cercanos a sus costas.

No es sino hasta la década de los setenta cuando México, por necesidades económicas vinculadas con su desarrollo energético y turístico, volvió los ojos al mar (NRC-AMC 1999). Por ejemplo, la ubicación de centrales de potencia en las costas mexicanas cobra relevancia ante la demanda energética por el despegue industrial. El desarrollo de una economía turística internacional obliga al gobierno a reconocer la importancia y belleza de nuestras costas.

Igualmente, la producción de petróleo y gas natural en alta mar constituye una importante componente de la economía mexicana y un estímulo decisivo para el desarrollo oceanográfico nacional a partir de 1970.

Aunque México forma parte desde 1958 de la Organización Marítima Internacional (AMI), es en 1982, con la firma del Convenio de Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, producto de la convención organizada por Naciones Unidas sobre derecho al Mar (CONVEMAR), cuando se recomienda muy encarecidamente a los países costeros y en vías de desarrollo a mirar hacia su mar patrimonial y Zona Económica Exclusiva.

El dejar de hacerlo representaba una mayor marginación en su incipiente desarrollo económico. Naciones Unidas también se percató de las serias deficiencias en infraestructura, experiencia y conocimiento dentro de las ciencias marinas, de los países en desarrollo (como México), como para poder funcionar y cumplir con las responsabilidades definidas en la CONVEMAR. Para prepararse en la implementación de la CONVEMAR muchos países costeros y en vías de desarrollo hicieron significativas inversiones para crear y fortalecer la infraestructura de sus ciencias marinas durante la década de los setenta (NRC-AMC, 1999).

Al igual que otras naciones en desarrollo vinculadas al mar, México siguió esta trayectoria.

Para iniciar su desarrollo oceanográfico en los años setenta, México financió proyectos conjuntos con recursos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), al igual que con fondos propios y con préstamos del Banco Mundial. El financiamiento obtenido fue dirigido hacia el desarrollo de infraestructura física y de recursos humanos. El influjo de este capital específico dio lugar a una política nacional de mediano plazo que reunió al gobierno federal, a los gobiernos estatales, a las universidades y a las instituciones de investigación para iniciar una gran inversión en ciencias marinas. Un gran número de expertos y profesores extranjeros visitantes fueron invitados a participar. México, a través del recientemente creado Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT 1982) y con fondos adicionales del PNUD, financió un gran número de becas de posgrado para estudiantes mexicanos en diversas instituciones nacionales y del extranjero. Estas becas tuvieron como propósito construir, al nivel de doctorado, la masa crítica fundamental de recursos humanos. Otras inversiones fueron destinadas a fortalecer las instituciones ya existentes, a crear nuevos centros de investigación en diferentes regiones del país, y para comprar equipo y construir infraestructura acorde a las necesidades nacionales y compromisos internacionales (NRC-AMC, 1999).

La CONVEMAR culminó en 1982 con la aprobación de la Convención de las Leyes del Mar y empezó así su proceso de ratificación. Casi simultáneamente México y muchos de los países en vías de desarrollo se hundieron en una crisis de deuda internacional, por lo que el proceso duró cerca de 12 años. En 1994, culminó la ratificación de la CONVEMAR y la Convención de la CONVEMAR entró en vigor (Gobierno de México 2019). A causa de la crisis de la deuda externa mexicana fue difícil obtener fondos importantes para la investigación en México y cumplir con lo estipulado en CONVEMAR, de tal manera que el desarrollo de las ciencias marinas sufrió una consecuente desaceleración en contraste con el avance sostenido hacia finales de la década anterior; que había culminado con la compra de dos buques oceanográficos (Puma y Justo Sierra) para explorar el Mar Patrimonial y la Zona Económica Exclusiva mexicana en el Pacífico y el Golfo de México.

A la par de estos barcos para uso exclusivo de la investigación en ciencias marinas, la Marina Armada de México, había acondicionado en los 1980's tres buques para investigaciones marinas en el Golfo de México y el Mar Caribe (Virgilio Uribe, Dragamina 20 y Altair) y un buque para el Océano pacífico (Mariano Matamoros) (Cifuentes y col., 1997).

Para aminorar la carga económica asociada a la operación, mantenimiento y administración de los buques oceanográficos Puma (en el pacífico) y el Justo Sierra (en el Golfo de México) se formó una asociación tripartita entre la UNAM, el CONACYT y PEMEX. Ésta incluía la operación y mantenimiento de los modernos buques oceanográficos mexicanos para la investigación en alta mar, y les dio a los oceanógrafos mexicanos la oportunidad de participar en el desarrollo de la investigación en mar abierto. La asociación tripartita fue un gran paso adelante y un éxito nacional único.

Después de firmar el acuerdo, comenzó la parte más difícil:

Desarrollar el conocimiento necesario sobre la ciencia del océano en las instituciones mexicanas, fortalecer la infraestructura física para las ciencias oceánicas y establecer mecanismos adecuados de evaluación y arbitraje (NRC-AMC, 1999).

Los tres socios tuvieron preocupaciones financieras y una falta de entendimiento de que la investigación en mar abierto sólo puede realizarse con apoyo financiero ininterrumpido.

Desgraciadamente, como resultado de la crisis de la deuda externa y por falta de entendimiento entre las partes, este proyecto perdió su soporte político y presupuestario. Con el disminuido acceso a los buques para la investigación, el apoyo a las ciencias oceánicas mexicanas se volvió más difícil.

Entre las décadas de los ochenta y noventa, e inicios del nuevo siglo, los esfuerzos mexicanos en las ciencias oceánicas han continuado bajo condiciones presupuestarias deprimidas. Los esfuerzos y las inversiones mexicanas en desarrollo oceanográfico desde 1970 a la actualidad, aunque restringidas por diversos factores políticos y económicos, no han sido unilaterales; han ocurrido como una respuesta a la urgente necesidad geopolítica de México por establecer los medios para ejercer sus derechos soberanos y para sostener los recursos dentro sus aguas territoriales y jurisdiccionales (NRC-AMC, 1999).

Existe una amplia gama de problemas de investigación oceanográfica fundamentales que nos urge resolver, los cuales están relacionados con algunos de los principales problemas sociales que nos aquejan, tales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y ecosistemas, deterioro de la calidad ambiental, la competitividad económica, la creciente demanda de energía y los cada vez más desastrosas catástrofes naturales.

El océano juega un papel preponderante en el sistema climático. Debido a la quema de combustibles fósiles la concentración de CO₂ en la atmósfera se ha incrementado, desde la mitad del siglo XIX hasta el presente, de 250 a 360 ppm (partes por millón). Lo que representa un incremento de 44% en 150 años. Actualmente el océano absorbe entre el 30 y 50% de estas emisiones antropogénicas. Suponiendo que las emisiones de gases de efecto invernadero continúen incrementándose al mismo ritmo, se estima que en los próximos 100 años la temperatura de la Tierra se elevará entre 3 y 5 °C en promedio (Houghton, 2001).

Sin embargo, todavía existe gran imprecisión respecto de estas estimaciones, por lo que necesitamos realizar estudios más detallados de la circulación oceánica y de la dinámica del sistema océano-atmósfera para mejorarlas.

El océano constituye el espacio viviente más grande del planeta, alberga a millones de especies. Hace apenas 30 años no se sabía de la existencia de complejas comunidades biológicas asociadas con ventilas hidrotermales del fondo oceánico. A la fecha sólo hemos explorado el 5% del océano, pero si persistimos seguramente descubriremos muchas más especies. Esta vasta riqueza biológica contiene organismos y compuestos químicos que sirven a una floreciente industria biotecnológica. En las últimas dos décadas se han aislado e identificado miles de productos naturales marinos, muchos de ellos con enorme potencial comercial.

Por ejemplo, de las esponjas se han extraído productos naturales con propiedades antivirales y anticancerígenas. La sangre de un crustáceo se está utilizando para detectar toxinas en agua, dispositivos médicos y fármacos. Los esqueletos de equinodermos y corales se están utilizando en la fabricación de implantes cosméticos y prótesis ortopédicas. Todavía falta mucho por descubrir acerca de la ecología, fisiología y bioquímica de los organismos marinos, cuyos procesos generan productos que son susceptibles de aprovechamiento para el bienestar de la humanidad, sin ir en detrimento de los organismos de los cuales se pueden extraer dichos compuestos.

En síntesis, los horizontes académicos más promisorios en un futuro que está a la vuelta de la esquina son de acuerdo con Jarvis y Young (2019):

- ❖ Bioseguridad (prevenir riesgos oceánicos);
- ❖ Seguridad alimentaria (pesca y acuicultura); cambio climático (mitigación y ralentización);
- ❖ Reservas marinas y áreas protegidas (desarrollo sostenible de acuerdo con los servicios ecosistémicos que nos presta la conservación);
- ❖ Ecosistemas y biodiversidad (importancia de los procesos y las funciones ecológicas intra y metas ecosistémicas, incluyendo la relación con sistemas terrestres y limnológicos);
 - Grandes ecosistemas marinos -Large Marine Ecosystems- (nos ayudan a comprender que las relaciones marinas en cuanto a estructura y funcionamiento física, así como en estructura y funcionamiento biológico son multiescalares)
- ❖ Jerarquía funcional de la biodiversidad (entender que las propiedades emergentes de las formas de vida incrementan la complejidad de las relaciones funcionales en el ecosistema, es entender que cada nivel de organización es único y debe analizarse bajo la perspectiva de su unidad -holón- como de su parte en el todo -holístico-).
- ❖ Políticas públicas nacionales e internacionales sobre el mar (actualizar la legislación marina para desarrollar mejores estrategias de aprovechamiento y conservación);
- ❖ Mejorar el sistema de vigilancia marina (para conservación, predicción de fenómenos meteorológicos, prevención de riesgo de desastres, aprovechamiento sostenible de recursos, seguridad civil, etc.).

Adicionalmente, se tiene la importancia en la generación de energías renovables (Köppel y col., 2019), y la oportunidad de entender las complejas relaciones ecológicas que se establecen cuando las especies invasoras arriban (de forma natural o inducida por actividades, de manera deliberada o accidental) a ecosistemas poco perturbados y los cambios que propician en su estructura natural (Peyton y col., 2019), por mencionar algunos. La mayoría de los países del Mundo son costeros o bien tienen acceso al mar. El hecho de que el océano constituya un continuo hace que todos los países costeros se vean afectados por lo que sucede dentro y fuera de su Mar Patrimonial y Zona Económica Exclusiva. Por ello todos los habitantes del planeta tenemos la obligación de administrar los recursos oceánicos responsablemente, y de explorar e investigar exhaustivamente la naturaleza oceánica. En este sentido el océano representa un medio idóneo para que México ejerza un liderazgo mundial.

3. Formación de Recursos Humanos.

ANUIES (2019), reporta 195 instituciones encargadas de la educación superior y la investigación en México, de las cuales, 6 universidades están vinculadas directamente con temas oceánicos y costeros. A la fecha se encuentran 10 programas de licenciatura incluyendo los de Secretaría de Marina con una matrícula de 2,379 alumnos; 9 maestrías con 334 estudiantes matriculados; 7 doctorados con una matrícula de 192 estudiantes en ciencias relacionadas con mares y costas de forma directa incluyendo las de Secretaría de Marina; adicionalmente hay dos especialidades relacionadas con este tema y sólo un estudiante inscrito para el ciclo 2018-2019. Esta información de ANUIES es muy semejante en cuanto a número de instituciones que ofertan carreras y posgrados en ciencias marinas de acuerdo con el sistema EducaEdu (2019).

Si comparamos que la población estudiantil de posgrado, que es donde se centra la mayor parte de la investigación en México es de 351,932, respecto a la población que se ha inscrito en programas relacionados con ciencias marinas, de 861 alumnos, resulta que el porcentaje es demasiado pobre ¡0.25%! Situación similar se encuentra en el número de investigadores en ciencias marinas a nivel nacional. La conclusión es que México sigue viviendo de espaldas al mar y que nos falta mucha cultura marina para alcanzar ese liderazgo que podríamos tener, pero sobre todo, nos percatamos de que una política marina adecuada podría aliviar los grandes males del país como pobreza extrema y seguridad alimentaria; ayudaría también a reducir considerablemente el riesgo por catástrofe ambiental y fortalecería las rutas de navegación comercial, sin tomar en cuenta el tema de servicios turísticos y sus asociados.

Se deberían emplear diversas estrategias para edificar la capacidad de los recursos humanos que se dedicarán a las ciencias oceánicas en México. Estas políticas deberían enfocarse a:

- ❖ Mejorar e incrementar sustancialmente la promoción de currículo universitarios en ciencias marinas, especificando la enorme salida de trabajo que puede tener un profesional de estas áreas, dado nuestro potencial presente y de crecimiento;
- ❖ Fortalecer la formación de estudiantes graduados y becarios de posgrado;
- ❖ Proporcionar la educación continua de científicos universitarios y gubernamentales en las ciencias oceánicas y en las disciplinas y/o especialidades que se deriven de ella;
- ❖ Debido a las limitaciones financieras del país se recomienda que la capacidad científica y técnica oceanográfica mexicana sea utilizada más eficientemente para mejorar la calidad y capacidad de los científicos, los técnicos y los estudiantes que ya están trabajando en el campo fortaleciendo los convenios interinstitucionales en los ámbitos nacional e internacional en algunas áreas de la Oceanología mexicana será necesario aumentar la producción de nuevos profesionales a nivel posgrado (doctores), incluyendo estudiantes formados tanto en México como en el extranjero.

Las ciencias oceánicas requieren de la formación de grupos de investigación viables que incluyan a individuos que posean una amplia gama de conocimientos y experiencia:

- ❖ Oceanógrafos, geólogos marinos, técnicos de laboratorio y de alta mar, especialistas en programación, analistas de datos, técnicos electrónicos, especialistas en instrumentación, ingenieros y otros.

Debido a que la Oceanografía es una ciencia multidisciplinaria y transdisciplinaria, no es razonable pensar que los científicos en Oceanología posean todas las habilidades necesarias para llevar a cabo la totalidad de las complejas actividades de las ciencias oceánicas. Este no es un problema singular de México sino uno generalizado de países en vías en desarrollo originado por una deficiente política de cooperación interinstitucional, de infraestructura física y técnica en el área de las ciencias marinas. Recientemente se está generando programas de doctorado que atienden problemas complejos centrados en el paisaje bajo el prisma del holismo, tal es el caso del Doctorado en Ciencias en Conservación del Patrimonio Paisajístico del Instituto Politécnico Nacional; programa pionero en este campo con 5 años de experiencia.

Es interesante señalar que al trabajar de manera transdisciplinar e interinstitucional, será más fácil generar mecanismos para bajar recursos de instancias nacionales como internacionales.

4. Perspectivas de investigación en océanos y mares mexicanos.

Un tema de alta relevancia es la microbiología marina. El estudio de los procesos de degradación y transferencia energética en la que los microorganismos intervienen adquiere particular importancia en sistemas tropicales costeros, en los cuales se han registrado fenómenos de eutrofización y contaminación industrial. Enfermedades originadas por patógenos (bacterias-virus) en sistemas acuícolas de cultivo intensivos y semi-intensivos, han ocasionado serias perturbaciones ambientales y descalabros económicos en áreas del Pacífico. No obstante, para consignar la trascendental función que desempeña el llamado circuito microbiano en el ambiente sedimentario marino, en el reciclamiento de la materia y la energía, nuestro conocimiento sobre este tema es incipiente.

Al centrar nuestra atención en los dos subcomponentes que integran al plancton, - Fito y Zooplancton-, es indudable que los vacíos de información son notables. Si bien se ha avanzado en la taxonomía de estos grupos y en sus características elementales de historia de vida, esta información está muy sesgada a la zona geográfica de la Corriente de California y el Golfo de California (CALCOFI 2019; GLOBEC 2019).

Las instituciones de investigación insertadas en dicha región han respondido al reto de abordar el estudio de los factores fisicoquímicos que regulan el funcionamiento de los productores primarios y la relación que mantienen éstos, con la biomasa zoo planctónica. Esta estrategia de estudio debería de emplearse en otros espacios oceánicos de México, de los cuales se desconoce mucho sus tasas de productividad, de producción, consumo de nutrientes, distribución espacial, y fenómenos de pastoreo. La frecuente aparición de algas tóxicas en ambientes litorales, como el sargazo, es sin duda, un problema ambiental recurrente, pero que ahora más que nunca, amenaza tanto a la salud humana directamente por el consumo de productos marinos contaminados, como para el sistema marino mismo, por el desequilibrio originado en la cadena trófica. Sin contar con los daños que se genera en la industria turística y alimentaria (pesca y acuicultura).

La evaluación de stocks pelágicos mediante el estudio de larvas y huevos de peces (ictioplancton), constituye una valiosa herramienta de estudio, cuyos resultados tienen una aplicación importante en el manejo sostenido de los recursos pesqueros de México en ambos litorales; el auge que se tuvo en los años setenta, la promoción de este tipo de investigación parece haber perdido impulso y es ahora pertinente, reconcentrar los escasos esfuerzos que actualmente se realizan en torno a este tema.

Con relación a los organismos que habitan el fondo del mar –subcomponente béntico– su gran diversidad, y su distribución espaciotemporal, los convierten en excelentes indicadores de cambios ambientales. En la actualidad aún es un tema controvertido si el bento, proporciona más información sobre la estabilidad de un sistema, cuando se analiza a nivel comunidad, o bien, si la selección de una o varias especies (bioindicadores), garantizan una mejor expresión de cambios ambientales causados por factores naturales o antropogénicos.

El modelado teórico de las relaciones ecológicas que se manifiestan dentro de los componentes de los bentos, el meiobentos y la región demersal, es una de las prioridades de investigación tanto en ambientes costeros como oceánicos. Esta estrategia de estudio es desde luego, aplicable en los otros dos subcomponentes referidos (fito-zooplancton).

Los organismos que gozan de movilidad propia para desplazarse en la columna de agua - Necton – que incluye peces y mamíferos, admiten esquemas de estudio de carácter tanto básico como aplicado. En el caso de las poblaciones de peces pelágicos se requiere estudiar su ciclo de vida, la determinación de sus parámetros poblacionales, y la generación de modelos bio-económicos sobre sus fluctuaciones espaciotemporales. La explotación y manejo sustentable de los recursos pesqueros de México constituye un compromiso internacional aún distante de ser logrado. El empleo de técnicas hidro acústicas en la evaluación de stocks pesqueros debe ser implementado, como una estrategia de modernización en la explotación de los recursos marinos. La incorporación de tecnologías innovadoras en el estudio, la explotación y conservación de los recursos pesqueros de México se considera inaplazable.

Existe actualmente una gran necesidad por promover rápidamente estudios a nivel individual y poblacional de los mamíferos marinos; la protección y conservación de esta rica fauna, no avanza al mismo ritmo que lo hacen los planes de desarrollo costero o el esfuerzo de pesca en aguas oceánicas. Conflictos sociales y económicos pueden ser previstos, ampliando nuestro conocimiento sobre estos habitantes marinos.

Por la naturaleza interdisciplinaria de la Oceanografía Biológica, los estudios de cualquiera de los cuatro subcomponentes básicos del Ecosistema Marino –Fito-Zooplancton, Bentos y Necton- siempre demandan un fuerte reforzamiento del estudio de los ciclos biogeoquímicos, sistemas de circulación oceánica, fenómenos climáticos y procesos sedimentarios. En contraste, cuando la investigación se orienta a nivel molecular o individual, la bioquímica, la fisiología y la genética se tornan indispensables. Este señalamiento viene a colación, debido al persistente anhelo en las Ciencias Oceánicas, de proponer un modelo de estructura y funcionamiento del gran sistema oceánico; esta ambiciosa iniciativa, integra el conocimiento fino de las partes abiótica y biótica. El equilibrio o cambios que pueda experimentar dicho sistema en diferentes escalas de tiempo y espacio, representan desafíos a los que cada uno de los investigadores del océano, dentro nuestras propias capacidades, puede contribuir.

Los temas relacionados con las prácticas de acuicultura son de alta prioridad en México. En las tres últimas décadas, los Planes Nacionales de Desarrollo, han concedido especial atención. La vigilancia o monitoreo ambiental de ciertas variables fisicoquímicas y biológicas requiere ser propuesta e implementada. El decidir a priori cuál es el enfoque más eficiente (holístico o reduccionista), en términos de esfuerzo y recursos, para diagnosticar riesgos ecológicos, puede ser un tema interesante de debate continuo.

La promoción de programas regionales de cultivo de especies marinas, como una respuesta alternativa a la generación de recursos económicos y alimentos de alto nivel proteínico. Un ejemplo muy interesante es el reciente impulso a la pesquería del pulpo maya y su posibilidad de cultivarlo de manera controlada en pulpifactorías en Yucatán y Quintana Roo. La expansión de granjas de cultivo, principalmente de camarón, ha suscitado problemas de diferente índole. Las alteraciones ambientales por el uso del suelo, el vertimiento de aguas residuales, el uso de fertilizantes químicos, la generación de enfermedades virales, e introducción de especies exóticas, son tan sólo, algunos de los temas más apremiantes de investigación científica y tecnológica en espera de ser solucionados.

Debemos de estudiar los cambios climáticos que ocurren durante las transiciones entre épocas glaciales en escalas geológicas, y también en escalas cortas de tiempo. La acumulación de gases de invernadero en la atmósfera incrementará el deshielo de las capas polares y se introducirán grandes cantidades de agua dulce al Atlántico del Norte, lo que a su vez podría modificar drásticamente la circulación del océano y el clima en un lapso de veinte años (NRC, 2002). Y no sabemos cómo se comportarán nuestros mares y costas, de forma particular.

Finalmente, un tema de investigación ineludible es la contaminación del ambiente marino. La determinación de niveles críticos de concentración de elementos contaminantes (aguas residuales y pluviales, sustancias químicas tóxicas, hidrocarburos fósiles, plásticos, metales pesados por minería oceánica) en la biota marina, continúa siendo preponderante. Los intentos de evaluación de riesgo ecológico realizados hasta ahora en ambientes costeros o marinos adolecen de información sinóptica o sistematizada que facilite la generación de escenarios de cambio; el calificar la magnitud del cambio observado en el ambiente, como consecuencia de una perturbación y su posible condición de estabilidad futura, es en muchas ocasiones campo de especulación.

5. Reflexiones y propuestas de acción.

Las preguntas obvias que se desprenden del planteamiento temático anterior, dirigida hacia nuestra propia comunidad oceanográfica, serían: ¿en dónde nos encontramos en el estudio de nuestros mares? ¿Somos congruentes con los enfoques disciplinarios que los países desarrollados están aplicando? Tradicionalmente las respuestas más frecuentes en foros especializados apuntan hacia la admisión de un retardo en lograr los objetivos deseados; la argumentación que se ofrece, a manera de justificación, es el escaso número de investigadores

dedicados en forma práctica al estudio del mar y desde luego en los magros recursos que el Estado destina a la investigación de los recursos bióticos marinos.

Es prudente también reconocer, la falta de articulación de los esfuerzos institucionales. No es raro escuchar, que la ausencia de un plan nacional de las Ciencias Marinas en México, la antigua y ya casi obsoleta normatividad relacionada con los mares y costas, ha obstaculizado su progreso; en consecuencia, las etapas de desarrollo disciplinario a nivel nacional de la investigación de los ecosistemas marinos son sumamente contrastantes. Predomina la investigación básica y ésta se publica en revistas de alto impacto y prestigio internacional.

Según los expertos en indicadores de productividad científica, en la comunidad oceanográfica, aunque pequeña (unos 150 investigadores en el SNI y 1,500 profesionales), es buena pues realizan publicaciones con una tasa anual de 2.5.

Por razones históricas, los estudios formales de recursos bióticos en México tuvieron un fuerte componente aplicado, pues el objeto primario de estudio lo constituyeron especies de interés comercial (peces, crustáceos y moluscos). En consecuencia, la mayoría de los enfoques fueron de carácter específico y poblacional.

Los principios de dinámica poblacional generados por las escuelas de pesquerías de los Estados Unidos y de Inglaterra en la década de los 60's y 70's, representaron una influencia muy significativa entre los expertos nacionales. Este tipo de análisis poblacional es practicado en forma rutinaria y los avances a la siguiente etapa, es decir el modelado teórico y los pronósticos de producción son aún restringidos. Los trabajos por desarrollar acuocultivos de especies endémicas ya sea estuarinas o demersal (pulpo maya, cangrejo maxkil, pez lenguado, por ejemplo), se han centrado en conocer su bioenergética y eco fisiología, en una primera etapa, para entender la dinámica de su historia de vida y sus requerimientos en condiciones controladas. El problema es que esos estudios no han pasado de granjas piloto y la mayoría han fracasado rotundamente las causas de esos fracasos siguen siendo inexplicables, como lo sucedido en Sisal (Campus de la UNAM de Yucatán). Cabe recordar que México tiene una posición geográfica privilegiada en el mundo, pero que también ese privilegio tiene sus consecuencias, de tal forma que somos centro de confluencia de grandes catástrofes geológicas, hidrometeorológicas y ambientales de todo tipo (Bravo y Gutiérrez-Yurrita 2014). Por ejemplo, la Zona Costera es consecuencia de las interacciones permanentes que existen entre el océano, el continente y la atmósfera; su límite marino está normado por el grado de influencia del continente sub-aéreo y comprende desde la Llanura Costera Transicional que alternadamente se inunda por las fluctuaciones estacionales del nivel del mar, hasta la Terraza Abisal Oceánica situada al pie del talud continental, a más de 3000 metros de profundidad bajo el nivel del mar (Aguayo y Gutiérrez 1993).

Las costas del Pacífico Mexicano están siendo afectadas por la convergencia tectónica que ocurre entre las placas oceánicas y la continental de Norteamérica; las del Golfo de California son debidas al rompimiento cortical del Noroeste de México, y como consecuencia, en ambas provincias geológicas, sus franjas costeras son angostas, de alta pendiente y generalmente acantiladas y rocosas; las costas del Golfo de México son extensas, con bajas pendientes y arenosas, debido a la historia geológica del Golfo, que está en una etapa de distensión cortical y en permanente subsidencia, en la que se han acumulado varios kilómetros de sedimentos repetitivos de ambientes continentales, costeros y marinos; en esta provincia geológica, se ubica también el bloque de Yucatán sin influencia efectiva del aporte de sedimentos terrígenos provenientes del continente terrestre expuesto, por lo que, las condiciones oceánicas han permitido el depósito de grandes extensiones de sedimentos calcáreos, que en su mayoría son de origen biogénico como son: corales, algas, moluscos, equinodermos, esponjas, entre otros más, que definen a esta gran biodiversidad marina.

Las zonas costeras del Caribe Mexicano, tectónicamente son distensivas y subsidentes, al igual que las del Golfo de México, pero geológicamente son juveniles, por lo que son angostas y de mayor pendiente que las del Golfo, con poca influencia de sedimentos terrígenos y favorecidas con los grandes desarrollos de sedimentos calcáreos, lo que es evidente con la formación del segundo desarrollo a nivel mundial de extensos bancos y barreras de arrecifes coralinos y algáceos, después de los de Australia (Aguayo, et al., 2001). El grado de evolución y de estabilidad de las zonas costeras, depende de escalas relativas espaciotemporales diferentes, y por lo mismo, responden diferencialmente a las perturbaciones naturales, inducidas por las actividades humanas y por las sinergias de ambas. Un impacto creciente es el desarrollo de plantas desalinizadoras de agua de mar para obtener agua potable, el impacto más fuerte y que no ha sido evaluado es regresar la sal extraída al mar, al océano. El mar no es el depósito de nuestros residuos, de ningún tipo, aunque sea su misma sal.

Es incuestionable que el manejo y aprovechamiento de las zonas costeras y de sus recursos en forma sostenible y sostenida, representan grandes retos en la definición de responsabilidades siendo, además, imperativo que sean compartidas y concertadas por todos y cada uno de los protagonistas sociales:

- ❖ Los **gubernamentales y los privados**, como promotores y gestores de políticas sobre el desarrollo de los ecosistemas costeros y marinos, a través de programas nacionales transgeneracionales y con trascendencia competitiva internacional y paralelamente, también, como aportadores de los recursos financieros necesarios, suficientes y oportunos, que permitan contar con las infraestructuras y con los apoyos logísticos adecuados, para que se logren alcanzar las metas altamente competitivas del mejor desempeño profesional en el país.
- ❖ Las **instituciones de educación superior**, de investigación y desarrollo tecnológico, con la disponibilidad de los recursos financieros, estructurales y humanos, para que sean capaces de responder con el cumplimiento de sus tareas fundamentales (investigación - generar conocimiento y tecnología-, docencia (formación de capital humano- y extensionismo -difusión de la información y ayudar a satisfacer las demandas de la población mexicana en esta materia)
- ❖ La Sociedad misma, que estimule su sensibilidad receptiva y creativa e impulse su espíritu crítico y autocrítico como un ejercicio permanente, buscando adquirir una cultura ecológica marina y brindándole al país la oportunidad de distinguirlo con una educación y alta calidad de vida en un entorno ecológico saludable.

Para formular Estrategias de Planeación y del Manejo de los ecosistemas costeros y oceánicos, es imperativo entender científicamente, multi e interdisciplinariamente, a los procesos naturales que inciden en ellos, y poder contribuir eficientemente con aquellas estrategias operativas y de su manejo administrativo, para que se prevengan, mitiguen o remedien sus impactos; más aún, cuando las regiones geográficas están sujetas a intensas actividades humanas.

Los temas que consideramos más relevantes para la oceanografía mexicana son:

A) Riesgos Geológicos y Seguridad Social.

- ❖ Entender a los ambientes costeros y marinos, la periodicidad de los procesos naturales que los gobiernan y su potencialidad, con el objetivo de que su uso y aprovechamiento se optimicen por los diversos grupos sociales.
- ❖ Evitar presiones antropogénicas innecesarias y daños irreversibles por la falta de planeación en su manejo, cuando se les somete a usos múltiples, que inducen a su desequilibrio por excesos en actividades de urbanismo, industrial, turística, portuaria, navegación, agrícola, pesquera, entre otras más.
- ❖ Por tales razones se deben de tomar en cuenta los siguientes factores naturales fundamentales:
 - Descargas de sedimentos y flujos de agua (volumen, calidad y temporalidad).
 - Procesos sedimentarios (erosión, transporte, dispersión y depósito)
 - Tectonismo, sismicidad, vulcanismo, tsunamis, marejadas, derrumbes, deslizamientos.
 - Circulación oceánica y costera (corrientes marinas, oleaje, mareas, variaciones por densidad y por perturbaciones atmosféricas).
 - Variaciones del nivel del mar, local y regional (erosión y azolve).
 - Cambios climáticos y atmosféricos, locales y regionales (décadas, anuales, diarios).
 - Huracanes, tormentas y en general circulación atmosférica de vientos.
 - Inundaciones. Debido a fuertes precipitaciones o a caudales extraordinarios en embalses o ríos, el agua invade las zonas costeras.
 - Epidemias por erupciones volcánicas en el fondo del mar u otros.

B) Recursos Naturales.

- ❖ Entender los procesos ecológicos-evolutivos que originan a los recursos naturales de importancia económica y su distribución geográfica, espaciotemporal, para su localización, evaluación y ulterior aprovechamiento racional.
- ❖ Comprender de manera holística con un enfoque de ecología rizomática el funcionamiento de los océanos y las costas -así como todos sus elementos constituyentes en estructura y procesos:
 - Fuentes de energía (hidrocarburos, mareas, oleaje, geotérmica, solar y eólica).
 - Depósitos minerales (ferromagnesianos, abrasivos, sal gema, nódulos polimetálicos y materiales para construcción y ornamentación).
 - Fuentes de abastecimiento de agua dulce por desalación de agua costera.
 - Productividad biológica, tipo y distribución de especies marinas y su relación con las condiciones geológicas, hidrodinámicas y climáticas, locales y regionales

C) Calidad del Ambiente, Uso y Preservación.

- ❖ Entender los efectos en el corto, mediano y largo plazos, causados por los fenómenos naturales y por las actividades humanas, que impactan a los ecosistemas costeros.
- ❖ Comprender el papel que juegan las especies invasoras en nuestros ecosistemas, ya sea que hayan llegado de manera natural o introducidas y translocadas, deliberada o accidentalmente:
 - Cambios en los aportes de sedimentos y flujos de agua, por construcción de obras hidráulicas (presas y canales), deforestación, entre otros; y de sus impactos en la planicie costera continental y marina.
 - Cambios de volumen y degradación en la calidad de agua, por usos múltiples, industriales, urbanos, turísticos, agrícolas, portuarios y otros.
 - Cambios en el paisaje costero por erosión y sedimentación, durante tiempos de estiaje e inundaciones, que inciden física y químicamente en los ecosistemas, centros poblacionales, agrícolas y en las obras civiles y por azolve del sargazo debido a la migración oceánica, entre otros.
 - Cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas por alteración de su composición específica y capacidad de resiliencia.

D) Sistemas Informativos.

- ❖ Proveer información geológica y ambiental, como resultado del monitoreo continuo y permanente, así como del análisis, integración e interpretación de los datos espacio- temporales, que garanticen la predicción razonable del comportamiento dinámico de los ecosistemas costeros y oceánicos, de sus recursos y sus impactos en sitios geográficos específicos.
- ❖ Utilizar tecnología marina y satelital de punta para los estudios de monitoreo y generación de modelos predictivos.
 - Distinguir los procesos permanentes o cíclicos de largo plazo, que gobiernan a los ambientes naturales, de aquellos que son efímeros, casuales o temporales de corta duración.
 - Enriquecer la base de datos marina de CONABIO, con información meteorológica continental y marina, y datos atmosféricos relevantes para las ciencias oceánicas y prevención de riesgos de desastres.

E) Estrategia nacional integral de océanos, mares y costas.

- ❖ Crear una agenda nacional en cuanto cómo resolver los principales problemas de nuestros océanos, mares y costas.
- ❖ Definir en torno a ello, una política eficaz y contestataria del discurso neoliberal de desarrollo económico, sobre nuestro Mares Territorial y Zona Económica Exclusiva, que permita:
 - Definir objetivos y metas para resolver los principales problemas marinos.
 - Realizar suficiente investigación en ciencias oceánicas.
 - Realizar desarrollo tecnológico marino.
 - Explorar el océano.
 - Crear sinergias entre el gobierno federal, estatal y municipal, la academia y el sector privado.
 - Aprovechar el conocimiento científico oceanográfico propio y mundial.
 - Definir nuestros medios de producción, aprovechamiento de recursos y formas de comercialización.
 - Establecer nuestras pesquerías y dotar de valor agregado nuestros productos manufacturados incluso en los barcos.
 - Generar nuevas prácticas acuícolas con especies endémicas.
 - Tener pleno dominio de nuestro mar territorial y zona económica exclusiva.

La falta de una Política Oceánica Nacional ha impedido la toma de decisiones inteligentes y convenientes para atender los asuntos del mar. Por ello necesita urgentemente desarrollar políticas científicas, administrativas, y legales que garanticen el conocimiento, la explotación racional y la salud del océano. Específicamente, se necesita crear un nuevo modelo administrativo y jurídico gubernamental para atender los asuntos del océano, adoptar una estrategia operativa basada en el concepto de paisajes marinos y antromas oceánicos, invertir considerablemente más recursos financieros en las ciencias y tecnologías oceánicas, e impulsar la educación marina en todos los niveles. Toda la atención a estos asuntos es con la finalidad de aprovechar nuestros recursos marinos para el bien social, antes que para fines de generación de riqueza de los mismos grupos de poder que han explotado y expoliado nuestros recursos. Diversificar y hacer más equitativa la distribución de concesiones pesqueras y acuícolas es un imperativo más que un indicativo nacional y debe reflejarse en la Ley.

- ❖ Fortalecer el ejercicio presupuestal para investigación en materia oceánica:
 - Triplicar su presupuesto federal para el desarrollo de programas y proyectos de investigación básica y desarrollo tecnológico.
 - Homologar los salarios de su planta científica con la de sus principales socios comerciales.
 - Modernizar las prácticas administrativas salariales que garanticen la estabilidad, tranquilidad, y posibilidad de un retiro digno de sus investigadores.

- Incrementar sustancialmente su población de científicos marinos.
- Fortalecer y modernizar la infraestructura física de sus centros de investigación.
- Crear nuevos centros de investigación de excelencia.
- Modernizar la administración de los centros de investigación.
- Promover la participación de pares internacionales en las convocatorias, la evaluación y asignación de presupuestos de proyectos de investigación.

Aún y cuando los programas globales son fundamentales, existe toda una gama de problemas regionales que no se pueden atacar con un enfoque global.

- ❖ Los problemas de naturaleza regional de los ecosistemas oceánicos y costeros forzosamente se tienen que resolver con programas de investigación regionales.
- ❖ Fomentar programas para el Golfo de California, fortaleciendo el Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL, 2004)
- ❖ Fomentar programas para el Golfo de México.
- ❖ Crear un órgano federal responsable de implementar la política oceánica nacional, dado que su ausencia, hace difícil o imposible establecer los programas y desarrollar los estudios oceanográficos regionales sistemáticos y continuos de largo plazo requeridos. Dicho órgano no puede estar dentro de la organización de la Secretaría de Marina, dado su carácter armado, aunque sí estrechamente vinculado con los objetivos de la Marina Armada de México.

La Secretaría de Educación Pública y el CONACyT fungen como principales asesores del Ejecutivo Federal en materia de ciencia y tecnología. Y dentro de la Oficina de la Presidencia de México existe el Consejo Consultivo de Ciencias (CCC) que sirve como otro de los asesores del presidente de la república en asuntos de política y estrategia científica. Este Consejo está integrado por distinguidos científicos que han sido galardonados con el Premio Nacional de Ciencias y Artes y que trabajan en las principales universidades y centros de investigación del país. Sin embargo, ninguno de estos organismos se ha abocado a la tarea de construir una Política Científica de Estado, y mucho menos una Política Oceánica Nacional.

Recientemente se crearon, al amparo de la nueva Ley de Ciencia y Tecnología, otros dos órganos consultivos más, el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (Consejo General), y el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (Foro). El primero se instaura como órgano rector de la política de ciencia y tecnología de la presente administración. Como tal se encarga de definir la estrategia a seguir y coordinará, cuando se construya, la política científica de la nación. Está presidido por el Presidente de la República, e integrado además por el Director General del CONACyT, los Secretarios de Estado con mayor actividad de la materia en la cartera de su responsabilidad, el Coordinador General del Foro, el Coordinador General del CCC, y tres invitados relacionados con la ciencia y la tecnología y con el sector productivo.

Y el Foro tiene como misión coadyuvar a estructurar una política científica de Estado que la actual administración tiene como propósito definir y construir. A diferencia del CCC que solamente está integrado por investigadores científicos, el Foro reúne representantes del CCC, de la academia, de la producción, de instituciones no lucrativas y de la sociedad en su conjunto.

Aún y cuando todos estos esfuerzos son loables, resultan insuficientes para atender eficaz y eficientemente todos los asuntos oceánicos y costeros de la nación, no sólo los de investigación y desarrollo tecnológico, sino también los ambientales, internacionales, económicos, sociales y técnicos específicamente relacionados con la administración de los recursos marinos.

Crear el Consejo Nacional Oceánico (CONO), como órgano descentralizado de la administración pública, con patrimonio y presupuesto propio que dependa directamente del ejecutivo de la República y esté conformado por investigadores en la materia y un concejo ciudadano generado para cada política regional y sectorial, de tal manera que se atiendan siempre, problemas y demandas sociales de las comunidades afectadas por una decisión (o por la omisión de política de desarrollo local) en la conservación, aprovechamiento o estudios de ciencia básica de nuestros mares y costas. El CONO tendría las siguientes funciones:

- ❖ Desarrollar los objetivos generales y metas para garantizar la administración científica de los mares y costas nacionales; y revisar periódicamente estos objetivos y metas.
- ❖ Asesorar al presidente de la República en el desarrollo y ejecución de la Política Oceánica Nacional, incluyendo la implementación de los acuerdos nacionales e internacionales.
- ❖ Coordinar e integrar las actividades de las agencias vinculadas con los asuntos del mar, y proporcionar incentivos para alcanzar las metas nacionales.
- ❖ Identificar omisiones y redundancias en estatutos y reglamentos, y desarrollar estrategias para la solución de conflictos.
- ❖ Promover el uso efectivo de la ciencia en la definición de la Política Oceánica Nacional y asegurar la disponibilidad de datos e información suficiente para la toma de decisiones a nivel regional y nacional.
- ❖ Desarrollar y apoyar la cooperación entre las agencias gubernamentales y organismos no gubernamentales, el sector privado, la academia, y el público en general.
- ❖ Impulsar la educación marina y el vínculo de las agencias gubernamentales.
- ❖ Trabajar con todos los sectores de la sociedad para el establecimiento de consejos oceánicos regionales en el país.
- ❖ Evaluar periódicamente el estado del océano y costas nacionales para medir los avances y logros alcanzados.
- ❖ Fortalecer la legislación de esta materia, así como generar los instrumentos para su correcta aplicación y los mecanismos para garantizar la legalidad en los actos ejecutados como resultado de una decisión colegiada del CONO.

Ejemplos de cómo puede establecerse un correcto estudio integral para el desarrollo estratégico del país, como se ha establecido en el Plan Nacional de Desarrollo de la presente administración:

A) Proyecto Tren Maya y el Corredor Transístmico o Interoceánico: En el primero (Tren Maya), es necesario hacer estudios costeros de la península de Yucatán de todo su litoral marítimo para conocer el impacto que tienen los huracanes y considerar los efectos que pueda ocasionar en el territorio y el ambiente, así como en la construcción de obras civiles y ferroviarias y obras de desarrollo turístico.

B) Corredor Transístmico: los 300 kilómetros de largo, que iría desde los puertos de Salina Cruz, en Oaxaca, a Coatzacoalcos, en Veracruz, en ambos puertos se requiere tener información oceánica y costera, como oleaje, vientos, mareas, huracanes, topografía oceánica, corrientes marinas, etc.; necesaria para diseñar y construir eficientemente los muelles para el atraque de los barcos. Si estos proyectos se hacen bien, tomando en cuenta las consideraciones marítimas y meteorológicas mencionadas, podemos decir que estas obras serán de vanguardia y pueden acelerar en mayor medida la productividad y desarrollo de la región de manera sustentable.

6. Conclusiones.

- ❖ Rezaba un refrán popular que México ha vivido de espaldas al mar, hoy en día ese refrán bien puede rezar que México no sólo vive de espaldas al mar, sino que también lo mata.
- ❖ No olvidar que nuestros mares y costas poseen los cuatro tipos esenciales de servicios ecosistémicos del milenio: provisión, regulación, culturales y soporte.
- ❖ En México urge la creación de una Política Oceánica Nacional que permita atender eficaz y eficientemente todos los asuntos oceánicos y costeros de la Nación, no sólo los de investigación científica y desarrollo tecnológico, sino también los ambientales, internacionales, económicos, sociales y técnicos específicamente relacionados con la administración de los recursos marinos.
- ❖ Es apremiante una nueva ley federal de mares y costas, entre otras cosas, para definir mejor, cómo se deben realizar las acciones de conservación de todos los servicios ecosistémicos que nos proveen estos singulares ecosistemas.
- ❖ La creación del Consejo Nacional Oceánico (CONO), como órgano descentralizado de la administración pública, puede ayudar de manera rápida a los objetivos de la política Oceánica Nacional, así como a la creación de leyes más vanguardistas en materia de administración y conservación integral de mares, océanos y costas.
- ❖ Los temas principales de la Política Oceánica Nacional son la bioseguridad de los sistemas marino-costeros, la seguridad civil, la seguridad alimentaria, la seguridad al clima y la protección de nuestros bienes nacionales marinos y costeros.

Referencias.

- Aguayo, C.J.E. y Gutiérrez-Estrada, M.A., 1993. Dinámica costera por Acción antropogénica en el sistema fluvial-deltáico Grijalva-Usumacinta, SE de México. Bull. Inst. de Geol. du Bassin d' Aquitania, 27 pp. (Special Publication).
- Aguayo, C.J.E., Araujo-Mendieta, J., Gutiérrez-Estrada, M.A., Sandoval-Ochoa, J.H., 2001. Geodinámica marina del Suroeste de México. Proyecto IMP-UNAM (FIES-96-17-1), 51 pp.
- ANUIES (2019) <http://www.anuies.mx/anuies/instituciones-de-educacion-superior/> página visitada el 7/8/2019.
- Bravo, B., P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2014. Introducing a new logical model based on the Holistic approach to risk assessment for environmental disaster. Geological and Environmental Sciences, III(73):60-64.
- CALCOFI. 2019. <https://calcofi.org/> página visitada el 7/8/2019.
- Castro, P. y M. Huber. 2000. Marine Biology. 3era. Ed., McGraw-Hill: 444 pp. USA.
- Cifuentes, J.L., Torres, P., M. Frías. 1997. El Océano y sus recursos. 2ª Edición. Fondo de Cultura Económica. México.
- CONABIO 2019. Infocéanos. Página de internet visitada el 01/08/2019: <https://www.biodiversidad.gob.mx/mares/infoceanos/>
- CONACyT. 1982. Ciencia y Tecnología para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos.
- Programa Nacional Indicativo para el Aprovechamiento de los Recursos Marinos (Situación Actual, Problemática y Políticas Indicativas). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F. 115 páginas.
- De la Lanza-Espino, G., 2004. Gran escenario de la zona costera y oceánica de México. Ciencias 76 : 4-13.
- Duffy JE, Benedetti-Cecchi L, Trínanes J. & S.M. Yaakub. 2019. Toward a Coordinated Global Observing System for Seagrasses and Marine Macroalgae. Frontiers in Marine Sciences. 6:317-343.
- EducaEdu. 2019. <https://www.educaedu.com.mx/carreras-universitarias/ciencias-marinas> página visitada el 7/8/2019.
- FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Roma, Italia.
- GLOBEC. 2019. <http://www.globec.org/> página visitada el 7/8/2019.

Gobierno de México 2019. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-de-naciones-unidas-sobre-el-derecho-del-mar-asamblea-general-de-la-organizacion-de-lasnaciones-unidas-derecho-del-mar> página visitada el 7/8/2019.

Gutiérrez-Yurrita, P. J. 2000. Reflexiones sobre la gestión de los cuerpos de agua epicontinental y su papel en la cultura. *Zoología Informa*, 43:27-57.

Gutiérrez-Yurrita, P. J., B. Bravo, M. G. Peláez y M. Rebollar. 2015. Percepción de la ciudadanía mexicana sobre cambio climático y de su institucionalización. Capítulo 14. Pp.: 281

296. En: Gay, C., A. Cos & T. Peña (Eds.): Reporte Mexicano de Cambio Climático: Impactos, vulnerabilidad y adaptación (Grupo II). UNAM-Programa de Cambio Climático.

Gutiérrez-Yurrita, P.J., San Román, J. & López, M. 2017. El concepto de dominios ambientales como estrategia en la planificación territorial del Sistema lacustre Lago de Texcoco, Estado de México. *Revista Geográfica Venezolana*, 58(2): 320-345.

Houghton, J. T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Nouger, P.J. van der Linden, x. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson, editors. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. New York, N.Y.: Cambridge University Press and Intergovernmental Panel on Climate Change.

IMECOCAL. 2004. Investigaciones Mexicanas de la Corriente de California (IMECOCAL). <http://www.imecocal.cicese.mx/> Consultada en septiembre, 2004.

Jarvis, R. M., T. Young. 2019. Key research priorities for the future of marine science in New Zealand. *Marine Policy*, 106: 103539.

Johnson, A. F., Gonzales, C., Townsel, A., y Cisneros, A. M. 2019. Marine ecotourism in the Gulf of California and the Baja California Peninsula: Research trends and information gaps. *Scientia Marina*, 83(2): 177-185 más anexos.

Köppel, J., J. Biehl, V. Wachendörfer, A. Bittner. 2019. A Pioneer in Transition: Horizon Scanning of Emerging Issues in Germany's Sustainable Wind Energy Development. Pp.: 67-92. In: Bispo R., Bernardino J., Coelho H., Lino Costa J. (eds) *Wind Energy and Wildlife Impacts*. Springer, Cham. Switzerland.

Mendoza, M. 2018. Pemex descubre siete yacimientos de petróleo en el Golfo de México. <https://www.publimetro.com.mx/mx/noticias/2018/10/09/pemex-descubre-siete-yacimientos-petroleo-golfo-mexico.html>

Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

NRC. 2002. National Research Council. Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises.

Washington, D.C.: National Academy Press.

NRC-AMC (Joint Working Group on Ocean Sciences). 1999. Building Ocean Science Partnerships: The United States and Mexico Working Together. National Research Council y Academia Mexicana de Ciencias. Washington, D.C.: National Academy Press, 127 páginas.

Ortega, S. 1999. "Breve historia de Sinaloa". Editorial Fondo de Cultura Económica-El colegio de México y Fideicomiso de Historia de las Américas. México.

Parcerisa, Ch. 2017. Turismo en México, el sector que más aporta al producto interno bruto. <https://www.forbes.com.mx/forbes-life/turismo-mexico-pib/>

Peláez, M. G., B. Bravo y P. J. Gutiérrez-Yurrita. 2015. Percepción ciudadana de la institucionalización de la política mexicana de cambio climático. Revista Aranzadi de Derecho Ambiental, 30(17): 521-541

Peyton, J., A.F. Martinou, O.L. Pescott, M. Demetriou, T. Adriaens, M. Arianoutsou, & J. R.

Johnson, A. F., Gonzales, C., Townsel, A., y Cisneros, A. M. 2019. Marine ecotourism in the Gulf of California and the Baja California Peninsula: Research trends and information gaps.

Scientia Marina, 83(2): 177-185 más anexos.