



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**

---

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS  
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS**

**Propuesta de política pública para el manejo y conservación de los  
ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano**

**TESIS**

**TRABAJO QUE PRESENTA:**

**Edgar Bautista-Apan**

**DIRECTOR:**

**Dr. Javier Bello-Pineda**

**ASESORES:**

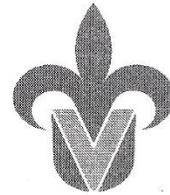
**Dr. Pascual Linares-Márquez**

**Dr. Horacio Pérez-España**

**Dr. Yuri Okolodkov**

**Boca del Río, Ver.**

**2019**



Universidad Veracruzana  
Dirección General de Investigaciones  
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías

**BIOL. EDGAR BAUTISTA APAN  
ESTUDIANTE DE LA MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS  
UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
PRESENTE**

**INSTITUTO DE  
CIENCIAS  
MARINAS Y  
PESQUERÍAS,  
U.V.**

Calle Hidalgo No.  
617  
Colonia Río Jamapa,  
C P 94290,  
Boca del Río,  
Veracruz,  
México

**Teléfonos**  
(229) 956 70 70  
956 72 27

**COORDINACION  
DE POSGRADO EN  
ECOLOGÍA Y  
PESQUERIAS, U.V.**

Mar Mediterráneo  
No. 314  
Fracc. Costa Verde  
CP 94294  
Boca del Río,  
Veracruz,  
México

**Teléfono**  
(229) 202 28 28

Habiendo sido debidamente revisado y aceptado el trabajo escrito de su tesis denominada "Propuesta de política pública para el manejo y conservación de ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y Caribe mexicano", y habiendo conseguido los votos necesarios por parte de su comité tutorial coincidiendo en cuanto a que tanto el contenido, como el formato de este trabajo es satisfactorio como prueba escrita para sustentar su examen final de posgrado de MAESTRO EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS se le autoriza a usted presentar la versión electrónica final de su trabajo.

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más distinguida consideración.

**ATENTAMENTE**  
**"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"**  
Boca del Río, Ver. Abril 09 del 2019

  
**Dr. Javier Bello Pineda**  
Director

INSTITUTO DE  
CIENCIAS MARINAS  
Y PESQUERIAS  
BOCA DEL RIO, VER.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

COORDINACIÓN DEL  
POSGRADO EN  
ECOLOGÍA Y PESQUERIAS



*El amor  
por todas  
las  
creaturas  
vivientes  
es el más  
noble  
atributo  
del  
hombre.*

Charles  
Darwin

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado (beca 607759), sin el cual nada de esto hubiese sido posible.

A la Universidad Veracruzana, a su Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías y a su programa de Maestría en Ecología y Pesquerías, por todo el apoyo brindado.

A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y la Secretaría de Marina por su apoyo en la realización del presente estudio.

Al Ingeniero Francisco Juárez González, director del departamento de Recursos Naturales y Vida Silvestre de la SEMARNAT, por su asesoría en el tema de las políticas públicas.

Al maestro Eduardo Ramírez Chávez por sus asesorías, consejos y ayuda en los temas relacionados con los sistemas de información geográfica.

Al maestro Zoylo Morales Romero por toda su ayuda y sus valiosas asesorías.

A la Dra. Celia Cecilia Acosta Hernández por sus observaciones, consejos y, en especial, por su gran amistad.

A mi comité tutorial, los Drs. Javier Bello Pineda, Horacio Pérez España y Yuri Okolodkov, por sus observaciones y comentarios.

Al Dr. Pascual Linares Márquez, no solo por sus consejos y grandiosas asesorías, sino también por su excelente guía, su valiosa amistad, su apoyo incondicional y gran paciencia.

A todos los miembros del laboratorio de SIG de la UMAR, en especial a Adriana Elisa Rodríguez, Oscar Eliel Carreño y Erick Jiménez por haberme hecho sentir como un miembro más de su grupo y por su gran amistad.

A Melissa Mayorga y a Mariana Robles por su ayuda en la aplicación de las encuestas.

A Edith, Alejandra, Clarissa, Eduardo y Altagracia, porque no solo fueron mis compañeros de generación, sino también unos grandes amigos con los cuales pase muy buenos momentos.

A Violeta Rosas y Andrea Negrón, por su amistad, apoyo, las risas compartidas y todos los momentos juntos, en especial, aquellos desayunos inolvidables.

A mis mejores amigas y cómplices de aventuras, Eugenia María y Yessica, por sus palabras de apoyo y aliento, pero, en especial, por estar siempre en las buenas, en las malas y en las peores.

Este trabajo de tesis forma parte de los productos comprometidos con el proyecto del CONACyT "Caracterización espacial de los ecosistemas arrecifales mesofóticos del Sistema Arrecifal Veracruzano; implicaciones ecológicas y económicas para su conservación y manejo", núm. 2015-01-606.

## Contenido

1. Resumen .....	1
2. Abstract.....	2
3. Introducción.....	3
4. Antecedentes.....	4
4.1. Ecosistemas coralinos mesofóticos.....	4
4.2. Políticas públicas .....	6
4.3. Bioética .....	7
5. Preguntas de investigación .....	8
6. Hipótesis .....	9
7. Objetivos.....	9
7.1. Objetivo general.....	9
7.2. Objetivos particulares .....	9
8. Material y métodos .....	9
8.1. Área de estudio .....	9
8.2. Modelo espacial de distribución potencial.....	11
8.3. Coincidencia con políticas públicas.....	12
8.4. Diagnóstico de conocimiento sobre ecosistemas coralinos mesofóticos.....	13
8.5. Evaluación de políticas públicas.....	14
8.6. Propuesta de política pública .....	16
9. Resultados.....	16
9.1. Modelo espacial de distribución potencial.....	16
9.2. Coincidencia con otras políticas públicas .....	18
9.3. Diagnóstico de conocimiento sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos .....	22
9.3.1. Análisis descriptivo .....	23
9.3.2. Análisis de correspondencia .....	25
9.4. Evaluación de políticas públicas.....	28
9.4.1. Elementos gramaticales .....	29
9.4.2. Elementos lógicos.....	29
9.4.3. Elementos históricos.....	29

9.4.4.	Elemento sistémico.....	30
9.4.5.	Relación con los ecosistemas coralinos mesofóticos .....	30
9.4.6.	Referentes bioéticos.....	30
9.5.	Propuesta de política pública .....	30
10.	Discusión .....	31
11.	Conclusiones.....	34
12.	Recomendaciones .....	35
13.	Referencias .....	35
14.	Anexos.....	45
15.	Aportes a la conservación.....	48

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Área de estudio (zona económica exclusiva del este de México).....	10
<b>Figura 2.</b> Modelo de distribución potencial para los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano. ....	17
<b>Figura 3.</b> Modelo de aptitud para los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y Caribe mexicano. ....	18
<b>Figura 4.</b> Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y las áreas naturales protegidas. ....	19
<b>Figura 5.</b> Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y los sitios Ramsar.....	20
<b>Figura 6.</b> Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ECM y las Regiones Marinas Prioritarias. ....	21
<b>Figura 7.</b> Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y los Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad. ....	21
<b>Figura 8.</b> Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y las zonas de exploración y extracción de hidrocarburos. ....	22
<b>Figura 9.</b> Porcentaje del nivel de conocimiento sobre arrecifes coralinos. ....	23
<b>Figura 10.</b> Porcentaje del grado de conocimiento sobre ecosistemas coralinos mesofóticos. ....	24
<b>Figura 11.</b> Porcentaje del grado de conocimiento respecto al nivel de amenaza que enfrentan los ecosistemas coralinos mesofóticos a nivel nacional. ....	24
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de la evaluación de las políticas públicas nacionales sobre arrecifes coralinos. ....	25
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de la evaluación de las políticas públicas nacionales sobre ecosistemas coralinos mesofóticos. ....	25
<b>Figura 14.</b> Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre arrecifes coralinos. ....	27
<b>Figura 15.</b> Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre ecosistemas coralinos mesofóticos. ....	27

<b>Figura 16.</b> Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre políticas públicas.....	28
<b>Figura 17.</b> Cantidad de políticas públicas distribuidas en las categorías establecidas por el índice de calidad.....	29

### **Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Políticas públicas relacionadas con el manejo y la conservación de los ambientes marinos. ....	14
<b>Tabla 2.</b> Criterios de evaluación de políticas públicas enfocadas a ECM.....	15
<b>Tabla 3.</b> Coincidencia entre el modelo de aptitud y las actuales políticas públicas nacionales. ...	18
<b>Tabla 4.</b> Porcentajes sobre el conocimiento de los servicios que proporcionan los arrecifes. ....	23
<b>Tabla 5.</b> Valores obtenidos por cada pregunta de la encuesta aplicada a los actores clave.....	26

## 1. Resumen

La falta de generación de conocimiento, producto de la dificultad que representa el acceder a la zona crepuscular (30 a 200 m de profundidad), ha contribuido a que los ecosistemas coralinos mesofóticos (ECM) no sean considerados dentro de ninguna de las actuales políticas públicas mexicanas. El presente estudio tuvo como objetivo principal elaborar una propuesta de política pública que tome en consideración la gestión integral de los ECM del golfo de México y el Caribe mexicano. Para ello, se utilizaron herramientas de análisis espacial, variables ambientales, acciones federales de manejo y conservación para los ecosistemas marinos, encuestas estructuradas, evaluaciones basadas en el índice de calidad y versiones actualizadas de las leyes federales relacionadas con el aprovechamiento de los recursos marinos. Se obtuvieron como resultados: 1) un modelo de distribución potencial para los ECM del golfo de México y el Caribe mexicano, el cual permite identificar cuatro zonas con diferentes niveles de aptitud para el desarrollo de estos ecosistemas; 2) cinco modelos comparativos entre el modelo de aptitud generado y las políticas vigentes implementadas por el gobierno federal (Áreas Naturales Protegidas, sitios Ramsar, Regiones Marinas Prioritarias, Sitios Prioritarios Marinos y sitios de exploración y extracción de hidrocarburos); 3) un análisis diagnóstico del nivel de conocimiento, que presentaron especialistas e instituciones gubernamentales relacionadas con el aprovechamiento de los recursos marinos; 4) una evaluación de la calidad de las leyes federales enfocadas al manejo y conservación de los ecosistemas marinos, y 5) una propuesta de política pública para los ECM dividida en siete apartados y 43 artículos, los cuales se basan en referentes bioéticos de responsabilidad y precaución. Se concluyó, que existe un alto nivel de desconocimiento sobre los ECM; ninguna de las políticas públicas relacionadas con el manejo y conservación de los ecosistemas marinos en México menciona a los ECM, y menos del 40% de estas políticas incluye referentes bioéticos de responsabilidad y precaución. Se enfatiza la necesidad de reformar las acciones gubernamentales y los procesos de toma de decisiones relacionados con los ecosistemas marinos y, principalmente, los ECM.

**Palabras clave:** Arrecifes coralinos, bioética, legislación, modelación espacial, ecosistemas coralinos mesofóticos.

## **2. Abstract**

The lack of knowledge, due to the difficulty to access the marine twilight zone (30 to 200 m deep), has resulted in mesophotic coral ecosystems (MCE) not being considered within current Mexican public policies. The general objective of this study was to elaborate a proposal for a public policy that considers the integrated management of MCE for the Gulf of Mexico and the Mexican Caribbean region. Spatial analysis tools, environmental variables, federal management and conservation actions for marine ecosystems, structured surveys, evaluations based on the quality index and updated versions of the federal laws related to the exploitation of marine resources were used to develop such a proposal. The results obtained are as follows: 1) a model showing the potential distribution of MCE in the Gulf of Mexico and the Mexican Caribbean, which allows the identification of four zones with different levels of aptitude for the development of these type of ecosystems; 2) five comparative models between the model of suitability generated and the current policies implemented by the federal government (Natural Protected Areas, Ramsar sites, Priority Marine Regions, Priority Marine Sites and hydrocarbon exploration and extraction sites); 3) a diagnostic analysis of the level of knowledge presented by specialists and governmental institutions related to the exploitation of marine resources; 4) an evaluation on the quality of the federal laws focused on the management and conservation of marine ecosystems, and 5) a proposal of public policy for MCE composed by seven sections and 43 articles, based on bioethical references of responsibility and caution. It was concluded that there is a low level of knowledge about MCE; none of the current public policies related to the management and conservation of marine ecosystems in Mexico mentions MCE, and fewer than 40% of these policies include bioethical references of responsibility and caution. The need to reform the government actions and decision making processes related to marine ecosystems, and particularly to MCE, is emphasized.

**Keywords:** Coral reefs, bioethics, legislation, spatial modeling, mesophotic coral ecosystems.

### 3. Introducción

Los ecosistemas coralinos mesofóticos (ECM), también denominados arrecifes de profundidad intermedia o arrecifes de la zona crepuscular, se caracterizan por la presencia de corales dependientes de la luz asociados a arrecifes coralinos, ubicados en las regiones tropicales y subtropicales, generalmente, entre los 30 y 200 m de profundidad (Baker *et al.*, 2016).

Al igual que todos los ecosistemas del mundo, los ECM tienen un gran valor e importancia para los seres humanos debido a la amplia gama de servicios ecosistémicos que brindan (Appeldoorn *et al.*, 2016). A pesar de ello, la información que se tiene sobre estos ecosistemas es escasa, debido a que los estudios formales con estos ecosistemas iniciaron entre 1960 y 1970 (Starck y Starck, 1972; Starck y Colin, 1978), cuando se desarrollaron nuevas tecnologías y equipos como los vehículos submarinos autónomos, los vehículos de operación remota y el buceo con reciclador de circuito cerrado (Bare *et al.*, 2010).

En este sentido, la falta de información ha ocasionado que muchas veces la existencia de estos ecosistemas sea ignorada y que las acciones para su manejo y conservación no se desarrollen o se realicen de manera indirecta a través de políticas inadecuadas (Basurto-Lozano, 2006; Baker *et al.*, 2016). Situación que ha impedido que en las poblaciones humanas se desarrolle una conciencia de cuidado y respeto hacia estos valiosos ecosistemas (Basurto-Lozano, 2006).

Asimismo, la falta de información crucial ha generado un aumento en el número de amenazas que enfrentan estos ecosistemas, como por ejemplo: la sobrepesca, la pesca de fondo, la captura de peces de acuario, el comercio de corales preciosos, la contaminación y la introducción de especies invasoras (Baker *et al.*, 2016). Circunstancia que ha desencadenado en degradaciones de la biodiversidad de los ECM, en su potencial de conectividad y en su capacidad para restaurar ecosistemas dañados (De Oliveira-Soares *et al.*, 2018).

Por todo esto y teniendo en cuenta lo expuesto por De Oliveira-Soares *et al.* (2018) y Rocha *et al.* (2018), sobre la urgente necesidad de generar acciones enfocadas a la protección de los ECM, se planteó el presente estudio, cuyo objetivo principal fue desarrollar una propuesta de política pública que contribuya al manejo y la conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano.

De esta manera, con la intención de contar con un estudio integral y cerrar brechas en el conocimiento de los ECM, se implementaron herramientas de análisis espacial y referentes bioéticos para mejorar la comprensión, gestión y conservación de los recursos naturales (Armstrong *et al.*, 2006) y restablecer la relación ser humano-naturaleza (Gamboa-Bernal, 2008).

También, se evaluaron los aspectos centrales de las políticas públicas nacionales relacionadas con el manejo y conservación de los ecosistemas marinos y se analizaron los niveles de conocimiento de algunos actores clave involucrados en la conservación de los ECM. Esto con el objetivo de dar solución a interrogantes como: ¿Cuál es la distribución potencial de los ECM en el golfo de México y Caribe mexicano?, ¿Qué estrategias existen para su conservación?, ¿Cuáles de estas estrategias cumplen con los estándares actuales de responsabilidad y precaución?, ¿Cuál es la estrategia viable para la conservación de los ECM del golfo de México y Caribe mexicano?

## **4. Antecedentes**

### **4.1. Ecosistemas coralinos mesofóticos**

Los ecosistemas coralinos mesofóticos son zonas de transición entre los ecosistemas someros y profundos; se encuentran conformados por ensamblajes complejos de organismos incluyendo corales hermatípicos, gorgonias, macroalgas e invertebrados (Hinderstein *et al.*, 2010; Quiroga *et al.*, 2015; Baker *et al.*, 2016); fungen como corredores de fauna entre hábitats (Feitoza *et al.*, 2005), por lo que presentan una eficiente conectividad físicoquímica y biológica con los ecosistemas someros y profundos (Hinderstein *et al.*, 2010), la cual se traduce en la generación de áreas de protección para especies someras, un equilibrio dinámico en los procesos de restauración-degradación, un aporte de reclutas, colonos y larvas a ecosistemas alterados y un mantenimiento de la biodiversidad local y regional (Riegl y Piller, 2003; Bridge *et al.*, 2012).

Sin embargo, a pesar de que se sabe de la existencia de estos ecosistemas desde el siglo XIX, cuando Darwin describió en su libro “*Structure and distribution of coral reefs*” a los corales ubicados a 128 m de profundidad, para lo cual obtuvo muestras de organismos muertos a través de sondeos y sebos (Darwin, 1842), los ECM han sido poco estudiados, debido, principalmente, a la dificultad técnica que representa el acceder a ellos (Bake *et al.*, 2010). Hecho que de acuerdo

con Baker *et al.* (2016) y Bongaerts *et al.* (2017) ha ocasionado que la mayoría de los ECM del planeta sean desconocidos y que exista poca consciencia de su importancia.

En este sentido, en los últimos años, las investigaciones enfocadas a describir los procesos, elementos y estructuras de los ECM han ido en aumento. Investigaciones que, al igual que los modelos genéticos y biofísicos desarrollados por Studivan y Voss (2018), han mostrado la necesidad de incluir a estos ecosistemas en los esquemas de manejo y conservación.

De este modo, de la información que se ha generado sobre los ECM; sabemos que se distribuyen en plataformas insulares y pendientes, entre los 30 y los 200 m de profundidad, aunque este rango puede variar dependiendo de los patrones fisicoquímicos, ecológicos y geomorfológicos de cada una de las regiones geográficas (Hinderstein *et al.* 2010; Kahng *et al.*, 2010).

La luz es el principal factor limitante de estos ecosistemas debido a que ocasiona adaptaciones específicas en los organismos y el desarrollo de estrategias ecológicas de fotoaclimatación, como morfologías planas con el fin de maximizar el área de captura de luz solar (Quiroga *et al.*, 2015). La sedimentación y la temperatura, en menor escala que la luz, son fuertes factores limitantes para estos ecosistemas (Puglise *et al.*, 2009), dado que una alta sedimentación se asocia con alteraciones en la estructura, estabilidad y abundancia de los corales (Lesser *et al.*, 2009); mientras que la exposición a temperaturas altas o bajas, que excedan los límites de tolerancia, puede ocasionar un blanqueamiento en los corales que derive en su respectiva muerte (Riegl y Piller, 2003).

Asimismo, se ha observado que los ECM, al igual que los ecosistemas someros, se ven afectados por factores naturales, pero principalmente por factores antropogénicos (Hinderstein *et al.*, 2010). De manera particular, sitios como el Parque Nacional Arrecife Alacranes actualmente se encuentran invadidos por especies exóticas como el pez león (Aguilar-Perera *et al.*, 2017).

Por otro lado, estudios como los desarrollados por Silva *et al.* (2016) y Etnoyer *et al.* (2016) muestran que los derrames de hidrocarburos pueden ocasionar daños en los ecosistemas mesofóticos como lesiones, enfermedades, pérdida de las estructuras coralinas e incluso la muerte.

Por todo esto, y teniendo en cuenta que los ECM proporcionan una amplia gama de servicios (provisión, regulación, culturales y de apoyo), es crucial continuar generando estudios

que permitan conocer mayores aspectos de estos ecosistemas (Baker *et al.*, 2016). Esto con la intención de contar con herramientas que permitan su inclusión en los procesos de gestión, manejo y conservación, para que continúen favoreciendo al bienestar de la sociedad (Galán *et al.*, 2012).

#### **4.2. Políticas públicas**

Las políticas públicas son procesos de comunicación, decisión y ejecución de las acciones del gobierno que varían entre países dependiendo del sistema político, las tradiciones, las culturas locales y el asunto a tratar (Arellano-Gault y Blanco, 2013). Constituyen una respuesta a determinadas situaciones que han sido identificadas como problemas relevantes en ciertos ámbitos circunscritos de la realidad (SUBDERE, 2009) y son reconocidas como un proceso de aprendizaje colectivo para aumentar la capacidad de resolver problemas (Vásquez-Sánchez, 2002).

En materia ambiental, estas acciones no son ajenas ni estáticas, se encuentran en constante evolución (Vásquez-Sánchez, 2002), emanan de los poderes públicos con el fin de generar estrategias de buen manejo y conservación para los recursos naturales, tales como el aire, el agua y la diversidad biológica, esto para beneficio de todos los habitantes (FNF, 2015).

A nivel internacional, las políticas públicas ambientales están conformadas por acuerdos y compromisos, tales como el Convenio Ramsar o Convención sobre Humedales de Importancia Internacional (1971), la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de las Naciones Unidas (1972), la Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano (1972), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1972), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (1973), la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982), la Convención de Cartagena para la Protección del Medio Marino de la Región del Gran Caribe (1983), la Convención de la Diversidad Biológica (1992), la Iniciativa Internacional de Arrecifes de Coral (1994), el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones para la Agricultura, la Pesca y la Alimentación (1995), entre otros (AIDA, 2015; FNF, 2015). Todas estas estrategias, a nivel regional, derivan en diferentes propuestas enfocadas a la atención

de problemáticas particulares, como es el caso del establecimiento de áreas naturales protegidas, reservas de la biosfera, parques nacionales, santuarios, ordenamientos ecológicos, entre otros (Vásquez-Sánchez, 2002).

Para los ECM, existen pocas acciones y estrategias enfocadas a su manejo y conservación, debido, principalmente, a la falta de información que existe sobre estos ecosistemas. De esta manera se han implementado estrategias como el establecimiento del *Flower Garden Banks National Marine Sanctuary*, en las costas de Texas, y una región protegida, en la zona circundante a la isla de Hawaii (Pereda, 2016; NOAA, 2018).

Finalmente, cabe mencionar que todas estas acciones, nacionales e internacionales, pueden y se ven fortalecidas por la ética. Con ella se busca alternativas de solución a problemas existentes, se identifica un nuevo marco teórico y se trasciende el concepto de desarrollo sostenible debido a que se concibe a la protección ambiental, los derechos humanos, el desarrollo humano equitativo y la paz como elementos interdependientes e indivisibles (SEMARNAT, 2007; CONBIOETICA, 2012).

#### **4.3. Bioética**

La bioética es una disciplina que busca alternativas de solución ante situaciones particulares; tiene por objeto de estudio a la vida, como perspectiva particular de investigación a la ética y como tarea principal estimular el sentimiento moral de la humanidad para que crezca en admiración, amor y respeto por la vida (Osorio, 2005; Wilches-Flórez, 2011).

A pesar de esto, y debido a su caótico origen, la bioética es concebida como una disciplina integradora con un campo teórico que se expresa de múltiples formas, las cuales tienen un fundamento sólido, con ideologías, discursos y paradigmas bien estructurados, que los hacen diferentes entre sí, lo que explica que existan varias opiniones en torno a un mismo hecho (Escobar-Picasso y Escobar-Cosme, 2010).

De esta manera, existen múltiples corrientes filosóficas en las que la bioética se expresa; una de ellas es la corriente principialista, la cual nace de la necesidad de buscar respuesta a los dilemas surgidos por los adelantos tecnocientíficos y los cambios sociales, políticos y culturales producto de la globalización (Escobar-López, 2012). Esta corriente se desarrolla principalmente

al interior de las ciencias médicas y tiene como base los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía, propuestos por T. Beauchamp y J. Childress (1979).

Sin embargo, estos principios son demasiado generales, no presentan relación sistémica entre sí y muestran conflictos irresolubles entre ellos (Clouser y Gert, 1990), por lo que es impensable pretender que le de soporte a dilemas ajenos a la bioética clínica (Escobar-López, 2012; García, 2013). Lo anterior, sumado a la complejidad de las problemáticas actuales, obligan a generar nuevas formas de abordaje, nuevas estrategias entre las corrientes de pensamiento y a desarrollar trabajos inter y transdisciplinarios (Escobar-López, 2012).

De esta forma surgen los principios de responsabilidad y precaución. El primero de estos desarrollado por Hans Jonas, une dos realidades, una objetiva y otra subjetiva, fusiona al sujeto con la acción y busca la calma, la prudencia y el equilibrio, conllevando a una mentalidad de responsabilidad por la naturaleza, que tiene presente que el hombre no es el amo de la naturaleza, sino que ella está puesta a su cuidado (De Siqueira, 2001; Wilches-Flórez, 2011); mientras que el principio de precaución es un elemento estructural del derecho ambiental que está dirigido a evitar los daños graves o irreversibles que pueda sufrir el medio ambiente, imponiendo medidas preventivas en aquellos eventos donde no hay certeza sobre la afectación que pueda existir sobre los recursos naturales y para lo cual se hace uso de las políticas públicas locales, nacionales e internacionales (Mayr-Maldonado, 2000; Arcila-Salazar, 2009).

## **5. Preguntas de investigación**

- ✿ En el golfo de México y el Caribe mexicano ¿existen zonas aptas para el desarrollo de ecosistemas coralinos mesofóticos?
- ✿ De las políticas públicas vigentes en México ¿cuáles coinciden espacialmente con la zona de distribución potencial de los ecosistemas coralinos mesofóticos?
- ✿ ¿Cuál es el nivel de conocimientos que presentan especialistas e instituciones gubernamentales con respecto a los ecosistemas coralinos mesofóticos?
- ✿ ¿Cuál es el nivel de calidad que presentan las políticas públicas mexicanas enfocadas al manejo y conservación de los ecosistemas marinos y los ECM?
- ✿ ¿Es necesario formular una propuesta de política pública para el manejo y conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y Caribe mexicano?

## **6. Hipótesis**

Si en el golfo de México y Caribe mexicano existen amplias zonas de distribución potencial de ecosistemas coralinos mesofóticos y las políticas públicas actuales no los contemplan explícitamente, entonces es posible generar una estrategia formal de política pública que permita el manejo y conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos.

## **7. Objetivos**

### **7.1. Objetivo general**

Elaborar una propuesta de política pública que considere la gestión integral de los ecosistemas coralinos mesofóticos ubicados en el golfo de México y el Caribe mexicano.

### **7.2. Objetivos particulares**

- ✿ Modelar la distribución potencial de los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano y establecer la coincidencia espacial que existe con algún tipo de política pública.
- ✿ Determinar el grado de conocimiento, sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos, que presentan los actores involucrados en el manejo y la conservación de los recursos naturales en México.
- ✿ Evaluar la calidad de las políticas públicas nacionales enfocadas al manejo y la conservación de los ecosistemas marinos y de los ecosistemas coralinos mesofóticos.
- ✿ Formular una propuesta formal para el manejo y la conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano.

## **8. Material y métodos**

### **8.1. Área de estudio**

El presente proyecto define como su área de estudio las aguas del golfo de México y el Caribe mexicano en las que la nación ejerce algún tipo de jurisdicción o derecho, es decir, en las aguas interiores, la línea base, el mar territorial, la zona contigua, la zona económica exclusiva y la

plataforma continental. Lo anterior de acuerdo con los límites establecidos en la Ley Federal del Mar (1986).

El golfo de México es una cuenca semicerrada que se encuentra bordeada por cinco entidades federativas de Estados Unidos de América, cinco estados de México y cuatro provincias de Cuba (Lara-Lara *et al.*, 2008). Se ubica en las regiones tropicales y subtropicales por lo que presenta tres periodos marcados que son: secas, lluvias y nortes. Presenta giros ciclónicos y anticiclónicos, los cuales determinan la estructura y funcionalidad de su biodiversidad (Wiseman y Sturges, 1999). Asimismo, es considerada una región de gran importancia debido a que es fuente del 80% del petróleo y 95% del gas natural de México (Lara-Lara *et al.*, 2008).

El Caribe mexicano es un mar semicerrado delimitado por el estado de Quintana Roo, su dinámica costera, al igual que en el golfo de México, se encuentra estrechamente vinculada a los procesos que se dan en la porción terrestre que los limita (Candela *et al.*, 2003). Presenta una gran diversidad de especies y paisajes por lo que es fuente del 35% del Producto Interno Bruto (PIB) turístico del país (CONANP, 2016a).



**Figura 1.** Área de estudio (zona económica exclusiva del este de México).  
**Fuente:** CONABIO, 2011

## 8.2. Modelo espacial de distribución potencial

Para modelar la distribución potencial de los ECM, se aplicaron modelos de aptitud, basados en evaluaciones multicriterio empleadas por la FAO (1976) y adaptadas por Bello-Pineda *et al.* (2006). Para esto, primero se determinaron las variables delimitantes relacionadas con estos ecosistemas a partir de la consulta de la información disponible en Baker *et al.* (2016) y Bongaerts (2017).

Después, con la información obtenida, se procedió a la búsqueda y descarga de la información espacial en portales electrónicos de acceso libre como los de Marspec (<http://www.marspec.org/>), GEBCO (<https://www.gebco.net/>), Bio-Oracle (<http://www.bio-oracle.org/>), ReefBase (<http://reefbase.org/>) y CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/>). Sin embargo, debido al tipo de datos requeridos y a la falta de información, para el presente estudio se trabajó únicamente con las variables de atenuación difusa o penetración de luz ( $m^{-1}$ ), distancia de arrecifes someros (m), batimetría (m) y rugosidad o complejidad del fondo marino ( $\mu m$ ), las cuales fueron obtenidas de Tyberghein *et al.* (2012), Sbrocco y Barber (2013), Assis *et al.* (2017) y ReefBase (2017) (anexo 1).

Posteriormente, se procedió a transformar la información descargada con el fin de generar compatibilidad entre los datos. Para lograr lo anterior, se cambió la proyección de las capas de información a la proyección cónica de Lambert y se cambió la resolución de los ráster usando como modelo la capa de información con menor tamaño de pixel, en este caso usando como base la capa correspondiente a batimetría ( $\sim 1$  km). Luego, con el ráster de batimetría se generó un polígono que limitara la zona de los 30 a 200 m de profundidad, mientras que al resto de las variables se les aplicó un algoritmo lineal de difuminación entre los mínimos y máximos de los ráster con el fin de obtener capas de información con escalas de 0 a 1.

Finalmente, con los ráster de atenuación difusa, rugosidad y distancia de arrecifes someros transformados, se calculó la media aritmética mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{Atenuación difusa} + \text{distancia de arrecifes someros} + \text{rugosidad})}{3}$$

El resultado del análisis fue recortado con el polígono generado a partir del ráster de batimetría y reclasificado con base en la nomenclatura utilizada por la FAO (1976) y Bello-

Pineda *et al.* (2006). Asimismo, se decidió cortar el modelo de manera equitativa entre las cuatro nomenclaturas establecidas, esto debido a la falta de información que existe sobre la distribución de los ECM. De tal manera que la nomenclatura y los rangos quedaron de la siguiente manera: no apto (0.0 a 0.25), marginalmente apto (0.26 a 0.50), apto (0.51 a 0.75) y muy apto (0.76 a 1).

### **8.3. Coincidencia con políticas públicas**

Para establecer la coincidencia que existe entre la zona potencial de distribución de los ECM y las actuales políticas públicas nacionales, se procedió a realizar una búsqueda electrónica de las políticas públicas vigentes en el golfo de México y el Caribe mexicano. De esta manera, se encontró que en el área de interés, existen acciones enfocadas al manejo y la conservación de los ecosistemas marinos, sus recursos y su biodiversidad, tal es el caso específico de las Áreas Naturales Protegidas, los Sitios Ramsar, las Regiones Marinas Prioritarias, los Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad, las zonas de exploración/extracción de hidrocarburos y el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe.

Sin embargo, el acceso restringido a información específica ocasiono que no se pudiera incluir el Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe dentro de los esquemas de coincidencias, por lo que únicamente se descargó la información referente a Áreas Naturales Protegidas, Sitios Ramsar, Regiones Marinas Prioritarias, Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad y zonas de exploración/extracción de hidrocarburos. Cabe mencionar que toda esta información fue obtenida de CONABIO (1998), CONABIO (2007), CONANP (2016a), CNH (2017) y SEMARNAT (2017).

Posteriormente, se modificó la información obtenida a la proyección cónica Lambert y se sobrepuso a nuestro modelo de aptitud generado en la sección anterior, pero en esta ocasión se descartaron los sitios clasificados como “no aptos” o “marginalmente aptos” dejando únicamente las zonas clasificadas como “aptas” y “muy aptas”.

Finalmente, se desarrollaron los modelos de coincidencias, se analizaron los datos obtenidos y se calculó el área, en km<sup>2</sup>, que se encuentra bajo cualquiera de los diferentes esquemas o estrategias de manejo y conservación.

#### **8.4. Diagnóstico de conocimiento sobre ecosistemas coralinos mesofóticos**

Con el propósito de generar un diagnóstico acerca del conocimiento de los ECM que presentan los diversos actores involucrados en la protección, recuperación, manejo, conservación y uso de los recursos naturales, se elaboró una encuesta estructurada de 26 preguntas, 11 de estas en escala dicotómica y 15 en escala Likert (escala de medición en grado progresivo, donde los encuestados indican el nivel de acuerdo o desacuerdo con cada una de las series de afirmaciones) (Malhotra, 2004). Esta encuesta fue validada con los programas de IBM SPSS Statistics®, versión 24, y Excel®, versión 2013, mediante las pruebas de confiabilidad de Alfa de Cronbach y Kuder-Richardson (Huesca-Domínguez, 2016).

Una vez validada la encuesta, fue aplicada, en los meses de julio y agosto de 2017, a 37 especialistas en el tema de arrecifes coralinos (miembros de la Sociedad Mexicana de Arrecifes Coralinos y del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías) y a 31 elementos de las siguientes instituciones gubernamentales: SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), SEMAR (Secretaría de Marina), CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), PROFEPA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), INAPESCA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura), CONAPESCA (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca) y SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).

Posteriormente, con la información obtenida se elaboró una base de datos en el mismo software Excel® y se desarrollaron los análisis descriptivos y los gráficos de barra correspondientes.

Por último, en el software IBM SPSS Statistics®, se llevó a cabo un análisis de correspondencia (Greenacre, 2008) haciendo uso de la prueba de ji cuadrada ( $\chi^2$ ) con el fin de determinar la correlación que guardaban las respuestas obtenidas con los actores clave encuestados (especialistas e instituciones gubernamentales) y se elaboraron los mapas bidimensionales de correspondencia de todos aquellos grupos de respuestas que mostraron resultados estadísticamente significativos, es decir, cuyo valor de  $\chi^2$  resulto menor a 0.05.

### 8.5. Evaluación de políticas públicas

Para establecer la calidad de las políticas públicas nacionales, se realizó una evaluación de las leyes federales vigentes relacionadas con el manejo y la conservación de los ambientes marinos y, principalmente, de los ecosistemas coralinos mesofóticos.

Lo anterior, requirió de una exhaustiva revisión y selección de la información disponible en el portal electrónico de la Honorable Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión (<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm>).

**Tabla 1.** Políticas públicas relacionadas con el manejo y la conservación de los ambientes marinos.

<b>Políticas Públicas</b>	
<b>01</b>	Código Civil Federal
<b>02</b>	Código Penal Federal
<b>03</b>	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
<b>04</b>	Ley de Aguas Nacionales
<b>05</b>	Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
<b>06</b>	Ley de Hidrocarburos
<b>07</b>	Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos
<b>08</b>	Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente
<b>09</b>	Ley de Navegación y Comercio Marítimos
<b>10</b>	Ley de Puertos
<b>11</b>	Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas
<b>12</b>	Ley Federal de Responsabilidad Ambiental
<b>13</b>	Ley Federal del Mar
<b>14</b>	Ley Federal para Prevenir y Sancionar los Delitos Cometidos en Materia de Hidrocarburos
<b>15</b>	Ley Federal sobre Metrología y Normalización
<b>16</b>	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano
<b>17</b>	Ley General de Bienes Nacionales
<b>18</b>	Ley General de Cambio Climático
<b>19</b>	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
<b>20</b>	Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable
<b>21</b>	Ley General de Vida Silvestre
<b>22</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
<b>23</b>	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
<b>24</b>	Ley Minera

Así, las leyes enlistadas fueron evaluadas de manera sistémica, mediante la aplicación de criterios específicos, los cuales se basaron en veinte preguntas divididas en seis apartados (tabla 2), los primeros cuatro correspondientes a elementos establecidos para las políticas públicas (Barría-Paredes, 2010) y los otros dos correspondientes a elementos relacionados con nuestro estudio.

**Tabla 2.** Criterios de evaluación de políticas públicas enfocadas a ECM

<p><b>Elementos gramaticales</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿El lenguaje utilizado es claro y conciso?</li> <li>2. ¿Cuenta con un glosario de términos que facilita la comprensión de la información?</li> </ol>
<p><b>Elementos lógicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. ¿Establece cuáles son los objetivos o la finalidad que se desea alcanzar?</li> <li>4. ¿El documento está redactado con coherencia y lógica?</li> </ol>
<p><b>Elementos históricos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. ¿Se presenta un contexto histórico de la situación?</li> <li>6. ¿Presenta una justificación del por qué se desarrolla o modifica dicho documento?</li> <li>7. ¿Se menciona que el documento puede ser modificado conforme a las circunstancias?</li> </ol>
<p><b>Elementos sistémicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. ¿Se menciona el lugar que ocupa el documento dentro del sistema general del derecho?</li> <li>9. ¿Se establece una clara relación entre la legislación y las instituciones jurídicas?</li> <li>10. ¿Se mencionan las sanciones que deben de aplicarse cuando se incurran en incumplimiento de lo establecido?</li> </ol>
<p><b>Relación con los ecosistemas coralinos mesofóticos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. En la ley o norma ¿Se define que son los ecosistemas coralinos mesofóticos?</li> <li>12. ¿Se menciona el papel que juegan o desempeñan los ECM?</li> <li>13. ¿Se menciona el estado de riesgo en el que se encuentran los ECM?</li> <li>14. ¿Se menciona la importancia de los ecosistemas coralinos mesofóticos para el país?</li> <li>15. ¿Se establece una metodología para trabajar con los ecosistemas coralinos mesofóticos?</li> <li>16. ¿La presente ley o norma puede ser aplicable a los ecosistemas coralinos mesofóticos?</li> </ol>
<p><b>Referentes bioéticos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>17. ¿La ley o norma presenta un enfoque basado en la sustentabilidad?</li> <li>18. ¿El documento describe el desarrollo de una relación armónica humano-naturaleza?</li> <li>19. ¿La ley o norma presenta un enfoque basado en un manejo precautorio?</li> <li>20. ¿Se establece la responsabilidad que tiene el ser humano sobre el ambiente?</li> </ol>

Posteriormente, se clasificaron las leyes y normas de acuerdo con el índice de calidad (IQ) descrito por Soderman (2005), Khera y Kumar (2010) y Naser (2015), cuya ecuación es:

$$IQ = \frac{A + (0.5 * B)}{C}$$

Y donde:

A = Número total de preguntas cumplidas

B = Número total de preguntas parcialmente cumplidas

C = Número total de preguntas

Finalmente, con el valor obtenido del índice de calidad, las políticas públicas fueron clasificadas, según la escala y rangos utilizados por Naser (2015), como: malas (0.0 a 0.25), insuficientes (0.26 a 0.50), satisfactorias (0.51 a 0.75) y buenas (0.76 a 1).

### **8.6. Propuesta de política pública**

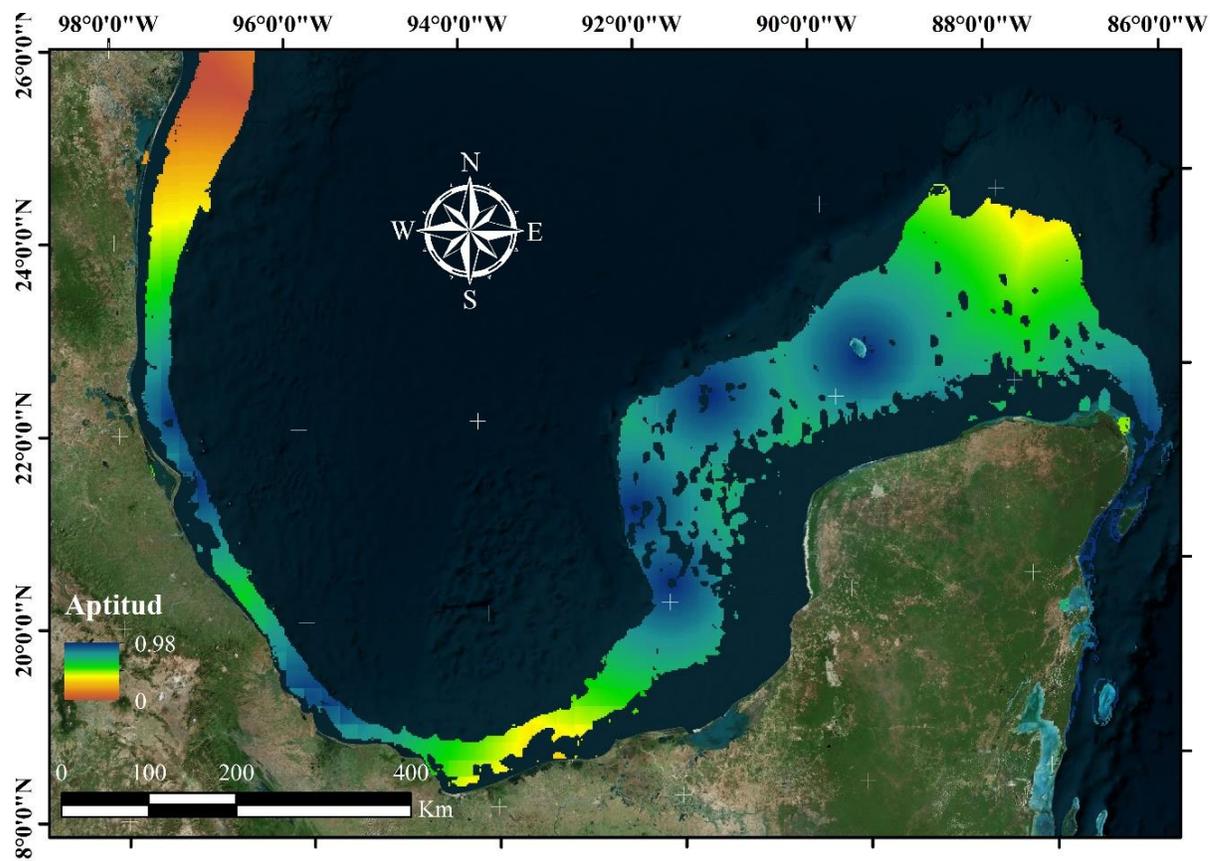
Con base en la información obtenida en los cuatro apartados anteriores, se elaboró una propuesta de política pública para el manejo y la conservación de los ECM del golfo de México y Caribe mexicano fundamentada en la visión de la bioética y los principios de precaución y responsabilidad. Para esto, se utilizó como guías principales los trabajos desarrollados por Jonas (1995), Beauchamp y Childress (1979), De Siqueira (2001), SEMARNAT (2007), Arcila-Salazar (2009) y González (2014).

## **9. Resultados**

### **9.1. Modelo espacial de distribución potencial**

Los resultados obtenidos, de la aplicación del análisis multicriterio acumulativo sin pesos, sugieren que en el golfo de México y, principalmente, en el Caribe mexicano existen zonas aptas para el óptimo desarrollo de los ECM; esto considerando las condiciones de atenuación difusa, batimetría, distancia de arrecifes someros y rugosidad. Asimismo, se encontró que en la zona de estudio existen sitios con muy altos valores de aptitud (0.98) como es el caso particular del norte-centro del estado de Veracruz, el banco de Campeche, las áreas circundantes al Parque Nacional Arrecife Alacranes y todo el Caribe mexicano; así como sitios donde los niveles de aptitud son muy bajos o nulos para el desarrollo de estos ecosistemas, tal es el caso de las áreas correspondientes al estado de Tabasco, el este del estado de Yucatán y, principalmente, el noreste

del estado de Tamaulipas (figura 2). Todo lo antes mencionado sugiere la existencia de una distribución heterogénea para los ECM del golfo de México y el Caribe mexicano.



**Figura 2.** Modelo de distribución potencial para los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y el Caribe mexicano.

Por otro lado, al clasificar la zona de distribución potencial, con base en las categorías utilizadas por la FAO (1976) y Bello-Pineda *et al.* (2006), encontramos que el 48% de esta se encuentra bajo la categoría de “muy apto”, el 33% en “apto”, el 13% en “marginamente apto” y el 6% en “no apto” (figura 3).

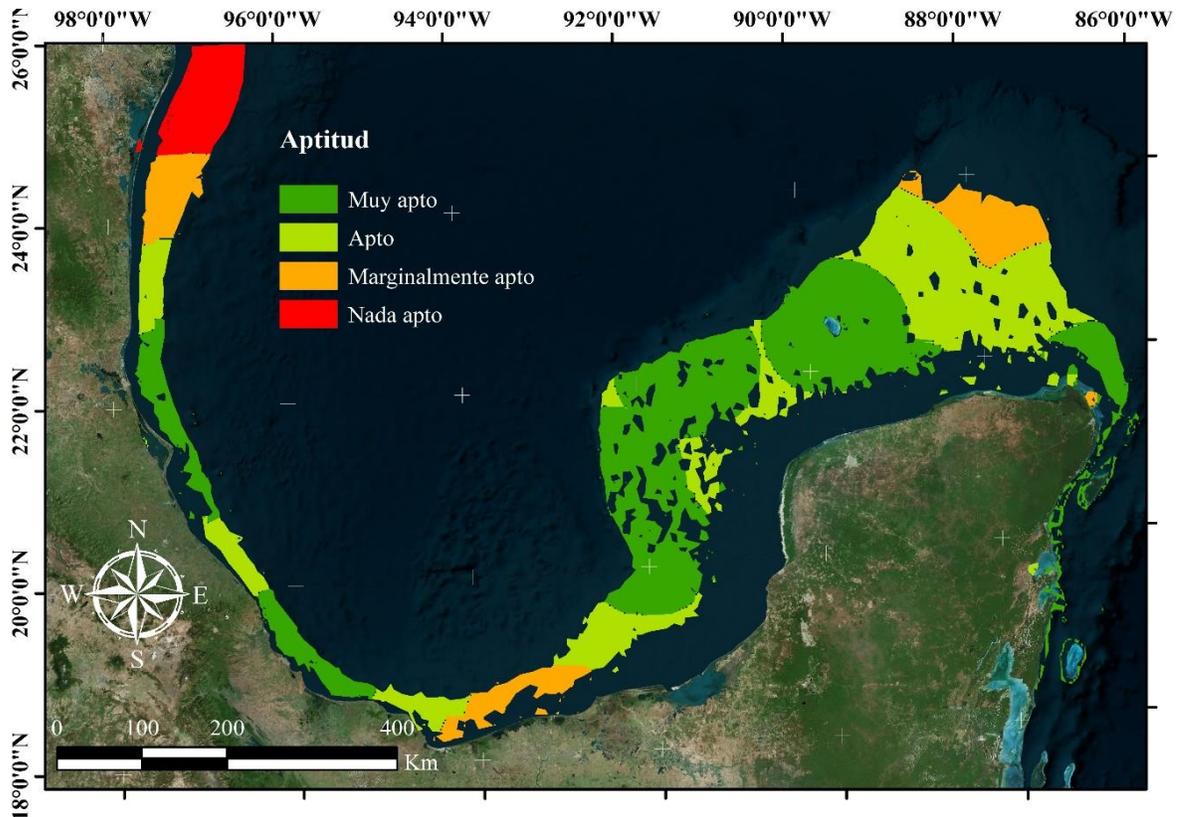


Figura 3. Modelo de aptitud para los ecosistemas coralinos mesofóticos del golfo de México y Caribe mexicano.

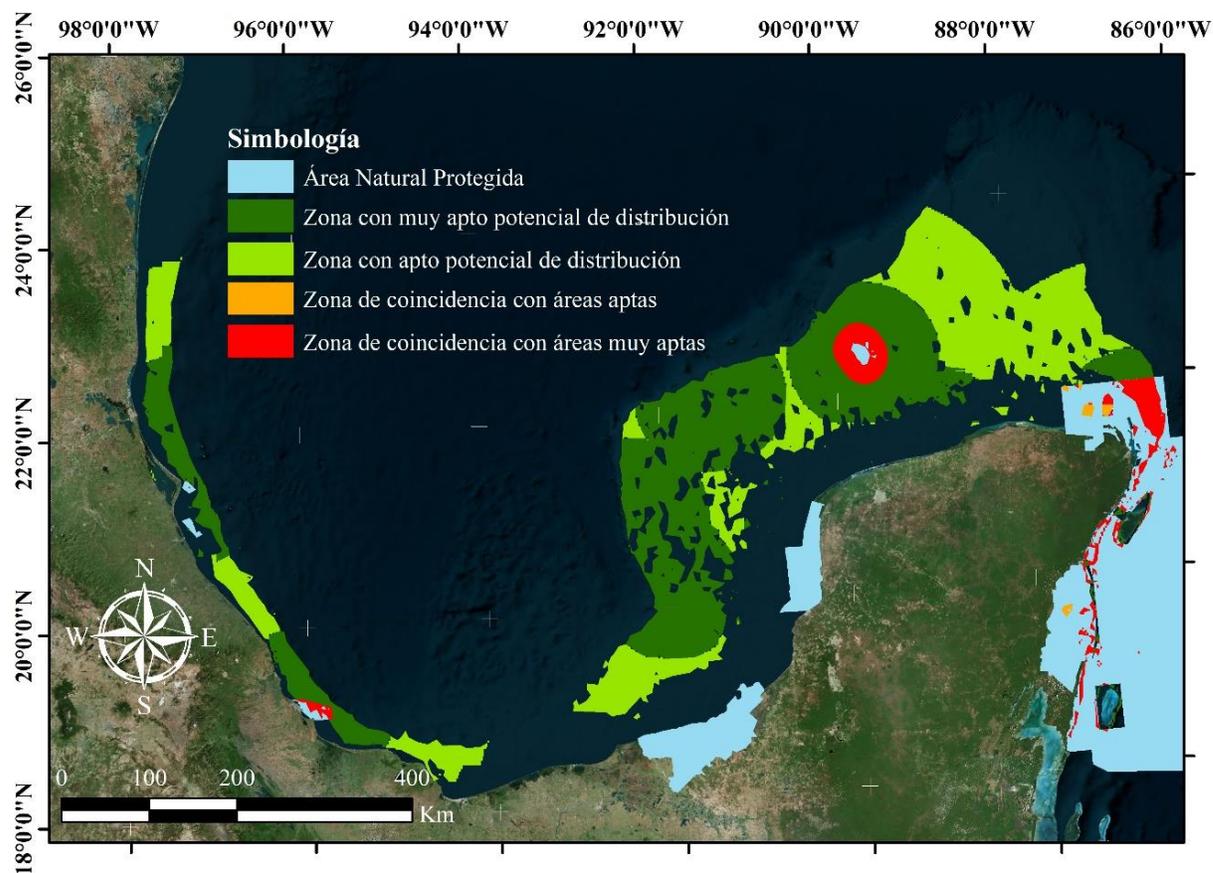
## 9.2. Coincidencia con otras políticas públicas

Los resultados obtenidos al traslapar los sitios catalogados como “aptos” y “muy aptos”, del modelo de aptitud, con las acciones implementadas por el gobierno federal en el golfo de México y el Caribe mexicano, demuestran que existen grandes coincidencias entre ambos elementos, destacando un mayor porcentaje de coincidencia con zonas “muy aptas”, exceptuando los casos para los Sitios Marinos Prioritarios y las zonas de aprovechamiento de hidrocarburos (tabla 3).

Tabla 3. Coincidencia entre el modelo de aptitud y las actuales políticas públicas nacionales.

Esquema de manejo y conservación	Proporción de traslape con sitios	
	Aptos	Muy aptos
Áreas Naturales Protegidas	0.31 %	5.07 %
Ramsar	-	2.20 %
Regiones Marinas Prioritarias	21.69 %	29.31 %
Sitios Prioritarios Marinos	4.18 %	4.04 %
Aprovechamiento de hidrocarburos	0.74 %	0.49 %

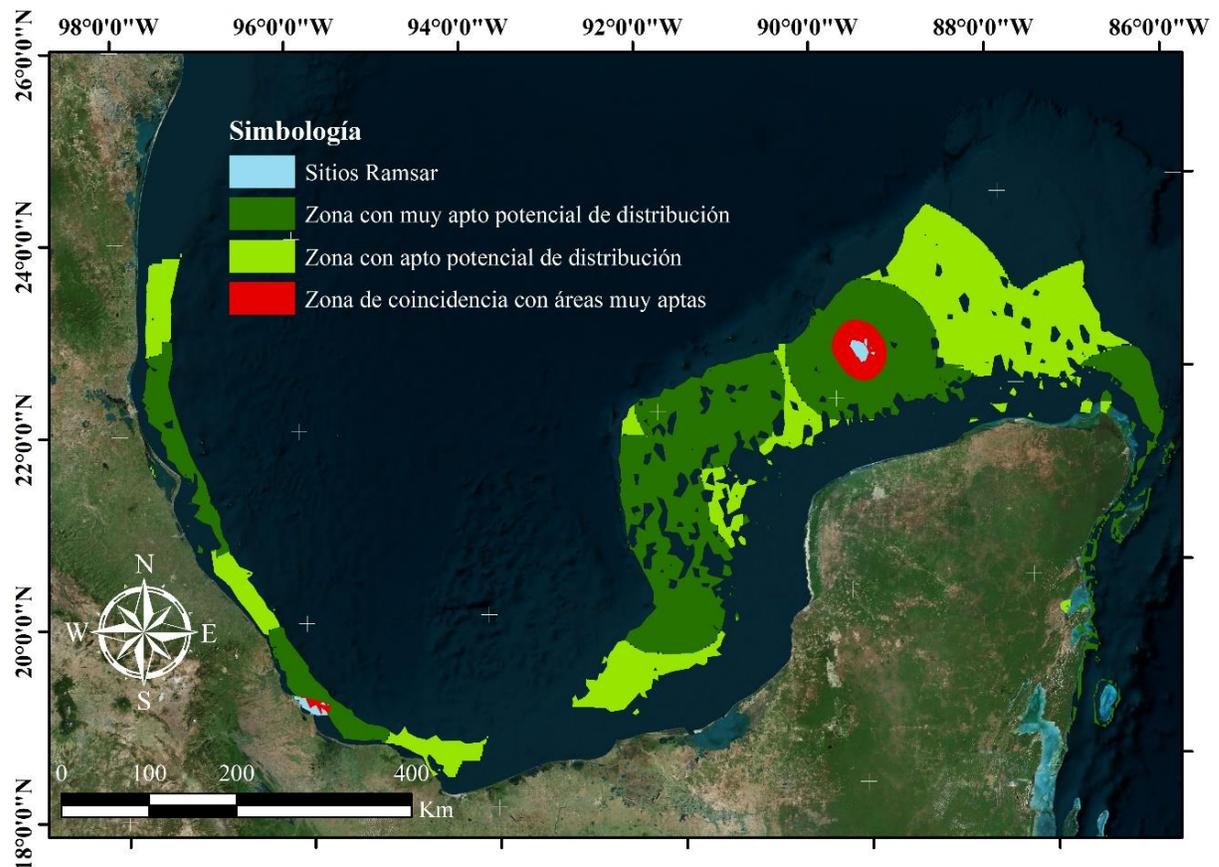
De manera particular, las Áreas Naturales Protegidas comprenden dentro de sus límites al 5.38% (7,744.39 km<sup>2</sup>) de la zona potencial de distribución. Dichas coincidencias se presentan en los sitios del centro de Veracruz (Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano), el noroeste del estado de Yucatán (Parque Nacional Arrecife Alacranes) y en todo el Caribe mexicano (figura 4).



**Figura 4.** Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y las áreas naturales protegidas.

**Fuente:** CONANP, 2017

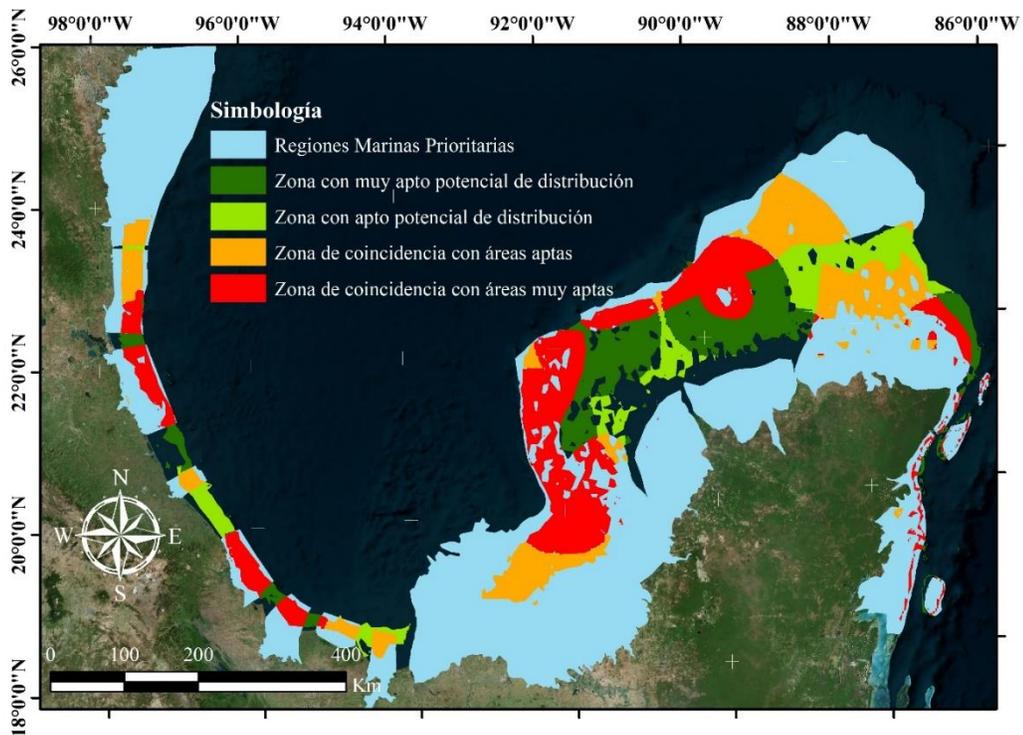
Asimismo, los sitios Ramsar coinciden con la zona potencial de distribución en un 2.20% (3,171.93 km<sup>2</sup>), y al igual que con el esquema de las Áreas Naturales Protegidas, estas coincidencias se encuentran en el centro del estado de Veracruz (Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano) y el noroeste del estado de Yucatán (Parque Nacional Arrecife Alacranes) (figura 5).



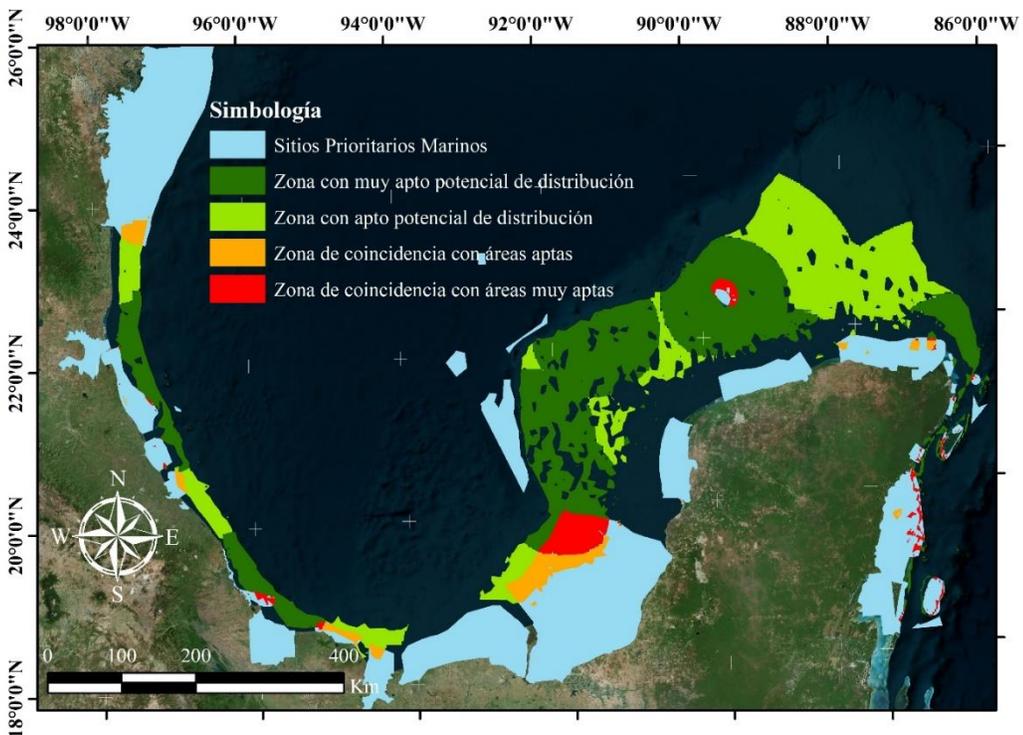
**Figura 5.** Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y los sitios Ramsar.

**Fuente:** CONANP, 2016c

Paralelamente, las Regiones Marinas Prioritarias y los Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad coinciden en un 51.01% (73,448.28 km<sup>2</sup>) y un 8.22% (11,831.37 km<sup>2</sup>) con la zonas potenciales de distribución, respectivamente (figuras 6 y 7).

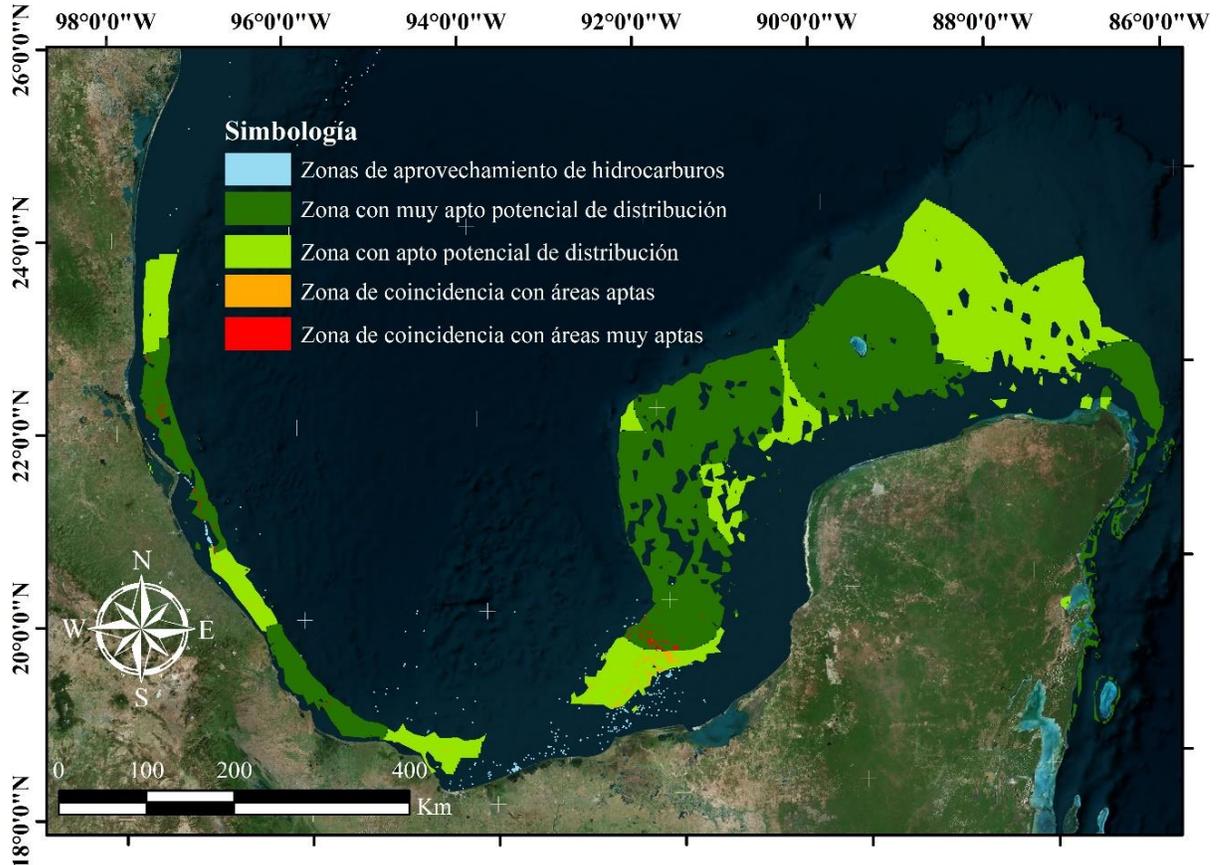


**Figura 6.** Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ECM y las Regiones Marinas Prioritarias.  
**Fuente:** CONABIO, 1998



**Figura 7.** Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y los Sitios Prioritarios Marinos para la Conservación de la Biodiversidad.  
**Fuente:** CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, 2007

Finalmente, con respecto a las zonas de exploración y extracción de hidrocarburos se observó que estas coinciden en un 1.24% (1,781.40 km<sup>2</sup>) con las zonas potenciales de distribución, siendo esta coincidencia mayor en la zona este del estado de Tabasco, donde el nivel es “apto” (figura 8).



**Figura 8.** Modelo comparativo de la zona potencial de distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos y las zonas de exploración y extracción de hidrocarburos.

**Fuente:** CNH, 2017

### 9.3. Diagnóstico de conocimiento sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos

Los resultados obtenidos de la validación de la encuesta aplicada a especialistas en arrecifes e instituciones gubernamentales demuestran que para las preguntas en escala dicotómica el nivel de confiabilidad es “moderado” (0.57), mientras que para las preguntas en escala Likert el nivel es “alto” (0.71). Lo anterior de acuerdo con los valores establecidos en la interpretación del coeficiente de confiabilidad.

### 9.3.1. Análisis descriptivo

Los resultados obtenidos muestran, que del total de la población encuestada el 48.5% considera que su nivel de conocimiento sobre los arrecifes coralinos es “bueno” (figura 9); la gran mayoría (97%) reconoce a los corales como animales; los servicios de provisión y regulación son los mejor identificados (tabla 4) y el 88.2% ha visitado, en algún momento de su vida, un sistema arrecifal.

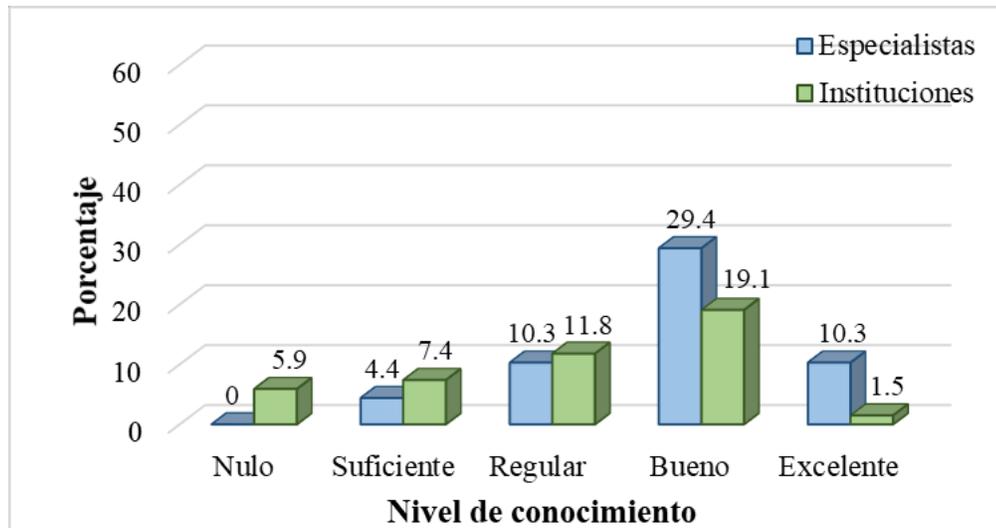
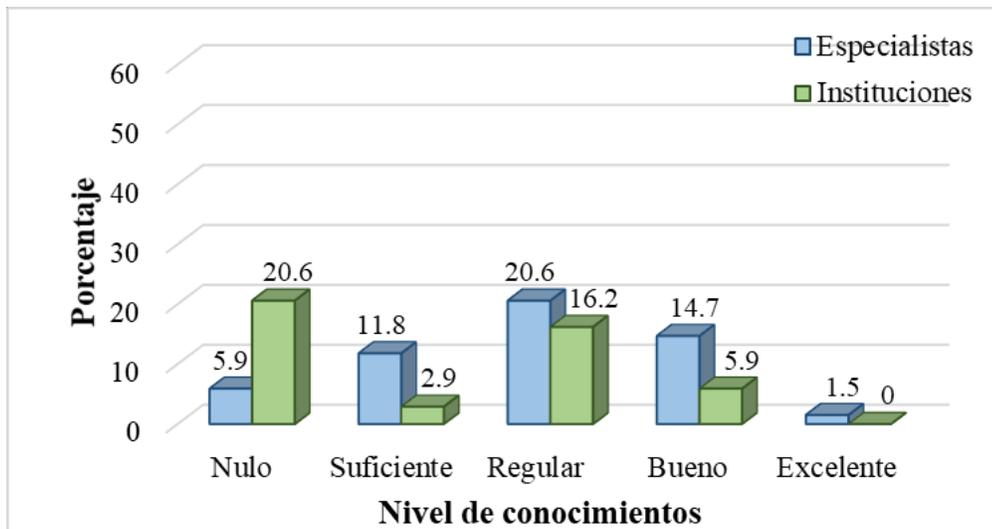


Figura 9. Porcentaje del nivel de conocimiento sobre arrecifes coralinos.

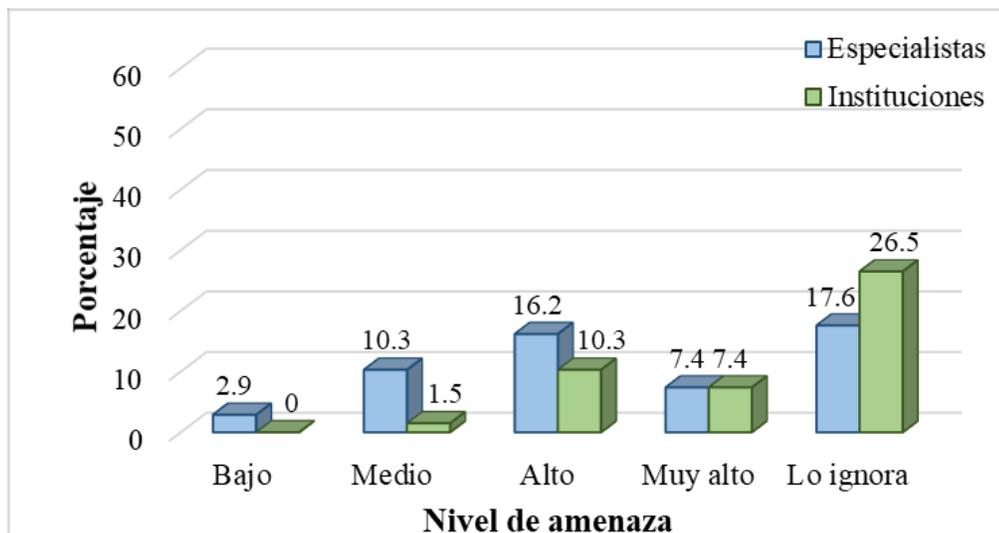
Tabla 4. Porcentajes sobre el conocimiento de los servicios que proporcionan los arrecifes.

Servicio	Proporción (%)		
	Especialistas	Instituciones	Total
Regulación	47.1	39.7	86.8
Provisión	47.1	35.3	82.4
Cultural	39.7	20.6	60.3
Apoyo	22.1	16.2	38.3

Igualmente, la población encuestada considera que su nivel de conocimientos sobre los ECM es, principalmente, “regular” (figura 10). A pesar de esto el 91.1% reconoce la definición planteada de ECM pero ignoran en gran medida su grado de amenaza (figura 11).



**Figura 10.** Porcentaje del grado de conocimiento sobre ecosistemas coralinos mesofóticos.



**Figura 11.** Porcentaje del grado de conocimiento respecto al nivel de amenaza que enfrentan los ecosistemas coralinos mesofóticos a nivel nacional.

En cambio, la sección de la encuesta correspondiente a políticas públicas muestra que tanto especialistas como instituciones consideran necesario mejorar las políticas públicas nacionales enfocadas a arrecifes coralinos, dado que al evaluarlas les otorgaron una calificación promedio de 5.22 y 5.51, respectivamente (figura 12); mientras que a las políticas públicas enfocadas a los ECM, especialistas otorgaron una calificación promedio de 3.55 y las instituciones de 5.23 (figura 13).

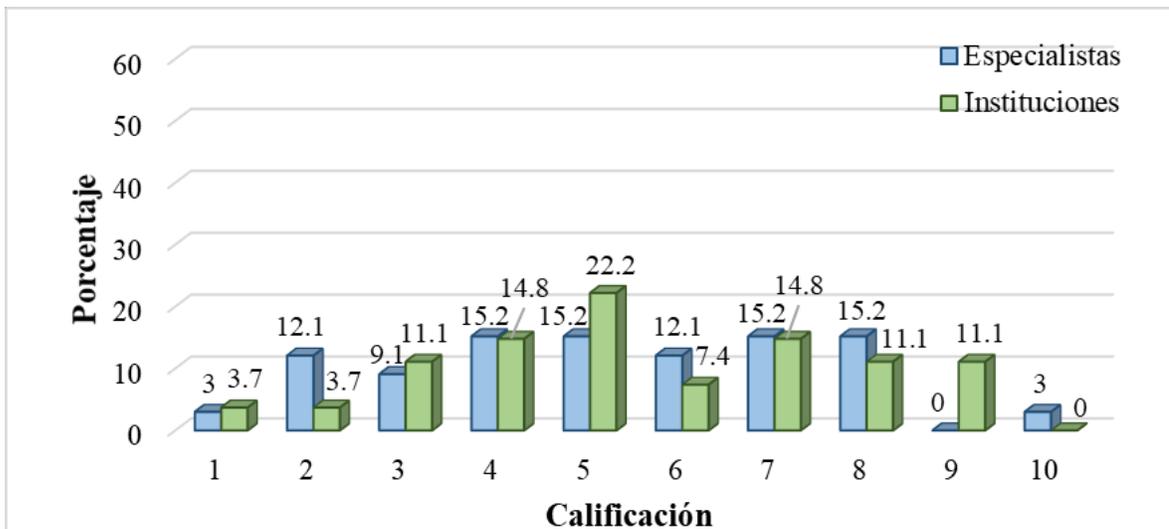


Figura 12. Porcentaje de la evaluación de las políticas públicas nacionales sobre arrecifes coralinos.

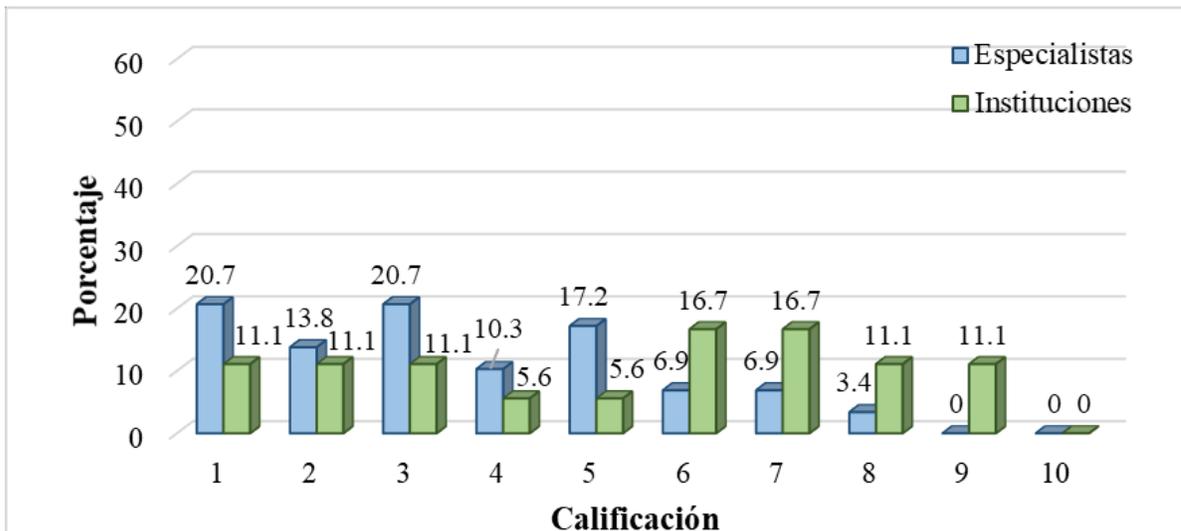


Figura 13. Porcentaje de la evaluación de las políticas públicas nacionales sobre ecosistemas coralinos mesofóticos.

Finalmente, del 100% de los encuestados, el 50% opina que las políticas públicas actuales no consideran el principio de precaución, el 57.4% que no toman en cuenta el principio de responsabilidad y el 73.6% que es “muy necesario” que se consideren estos dos principios dentro de las políticas públicas.

### 9.3.2. Análisis de correspondencia

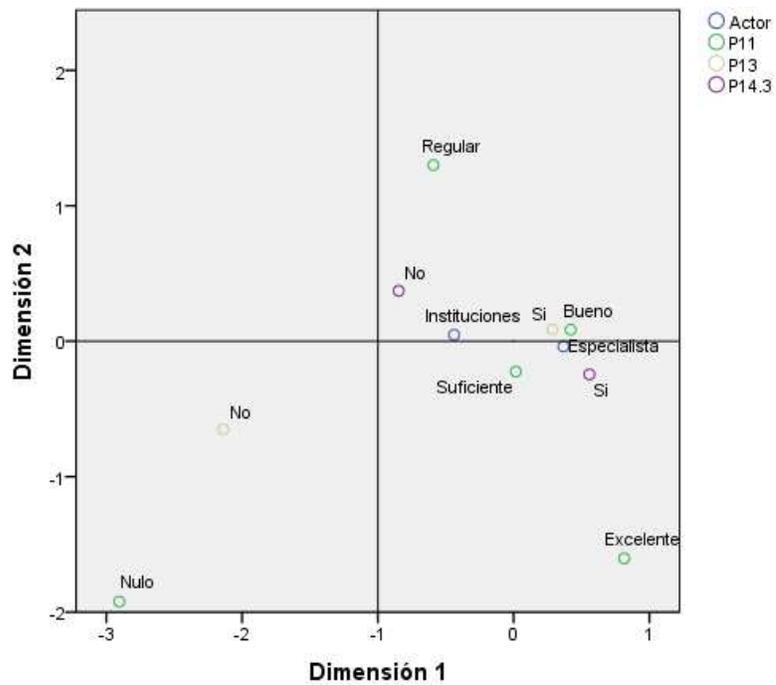
Al realizar el análisis de correspondencia observamos que solamente siete preguntas presentan una correlación entre las respuestas obtenidas y los dos grupos de actores clave encuestados (tabla 5).

**Tabla 5.** Valores obtenidos por cada pregunta de la encuesta aplicada a los actores clave.

<b>Código</b>	<b>Pregunta</b>	<b>x<sup>2</sup></b>
<b>P11*</b>	Nivel de conocimiento sobre los arrecifes coralinos	0.039
<b>P12</b>	Identificación sobre que son los corales	0.899
<b>P13*</b>	Visita a arrecifes coralinos	0.011
<b>P14.1</b>	Servicio de provisión proporcionado por los arrecifes coralinos	0.329
<b>P14.2</b>	Servicio de regulación proporcionado por los arrecifes coralinos	0.941
<b>P14.3*</b>	Servicio cultural proporcionado por los arrecifes coralinos	0.020
<b>P14.4</b>	Servicio de apoyo proporcionado por los arrecifes coralinos	0.669
<b>P15.1</b>	Grado de amenaza de los arrecifes coralinos en el mundo	0.193
<b>P15.2</b>	Grado de amenaza de los arrecifes coralinos en México	0.670
<b>P16</b>	Existencia de arrecifes coralinos en México	0.356
<b>P17*</b>	Nivel de conocimiento sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos	0.013
<b>P18*</b>	Identificación del concepto de ecosistema coralino mesofóticos	0.049
<b>P19.1</b>	Grado de amenaza de los ECM coralinos mesofóticos en el mundo	0.225
<b>P19.2</b>	Grado de amenaza de los ecosistemas coralinos mesofóticos en México	0.087
<b>P20*</b>	Existencia de ecosistemas coralinos mesofóticos en México	0.002
<b>P21.1</b>	Evaluación de políticas nacionales enfocadas a arrecifes coralinos	0.744
<b>P21.2</b>	Evaluación de políticas internacionales enfocadas a arrecifes coralinos	0.252
<b>P22</b>	Modificación de políticas enfocadas a arrecifes coralinos	0.119
<b>P23.1</b>	Evaluación de políticas nacionales enfocadas a ECM	0.224
<b>P23.2</b>	Evaluación de políticas internacionales enfocadas a ECM	0.137
<b>P24*</b>	Modificación de políticas enfocadas a ECM	0.025
<b>P25.1</b>	Consideración del principio de precaución en las políticas publicas	0.808
<b>P25.2</b>	Consideración del principio de responsabilidad en las políticas publicas	0.063
<b>P26</b>	Necesidad de incluir los principios de responsabilidad y precaución en las políticas publicas	0.651

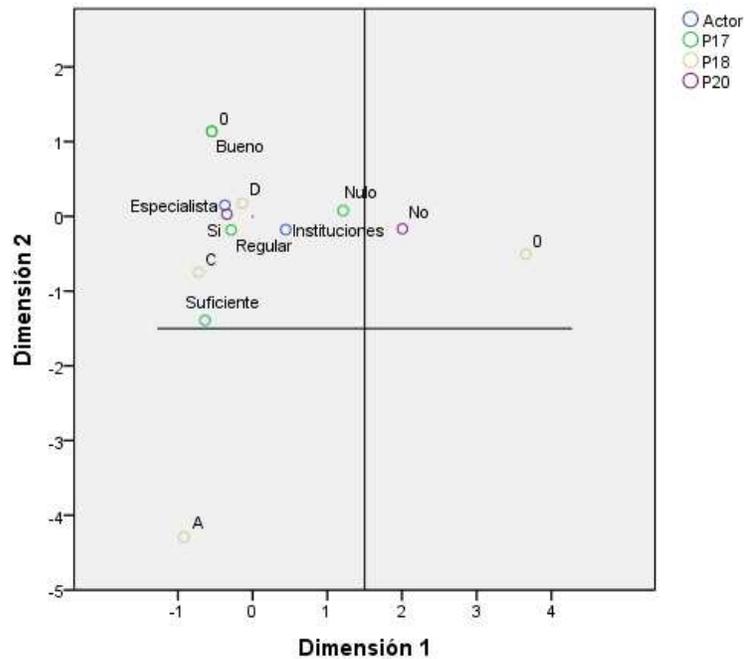
\* Preguntas con valores de x<sup>2</sup> menores a 0.05.

De este modo, las respuestas obtenidas para la sección de arrecifes coralinos muestran que los especialistas están más estrechamente ligados con un nivel de conocimiento “bueno”, mientras que las instituciones se asocian mejor con el nivel “suficiente” (figura 14).



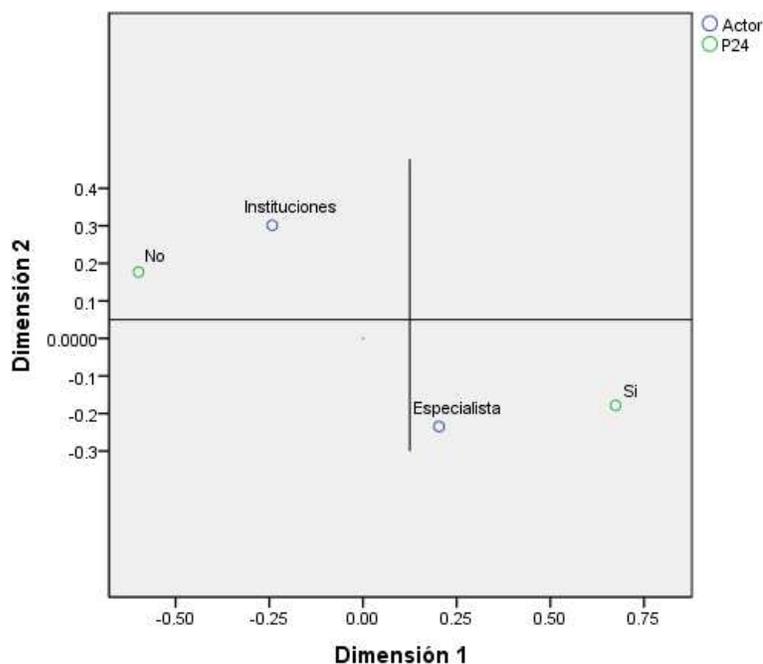
**Figura 14.** Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre arrecifes coralinos.

En este mismo contexto, para la sección de los ECM los especialistas manifestaron relacionarse mayormente con el nivel de conocimiento “regular”, mientras que las instituciones lo hacen con el nivel “nulo” (figura 15).



**Figura 15.** Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre ecosistemas coralinos mesofóticos.

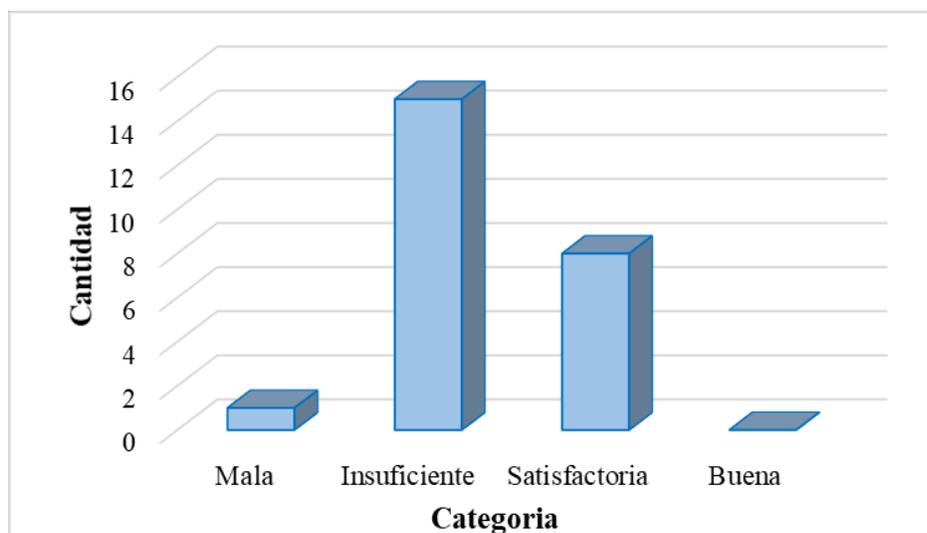
Por último, en la sección de políticas públicas, observamos que la respuesta positiva a la modificación de alguna política pública para el manejo y conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos está mejor relacionada con el grupo de especialistas, mientras que la respuesta negativa se asocia mejor con las instituciones gubernamentales (figura 16).



**Figura 16.** Mapa bidimensional del análisis de correlación de las preguntas sobre políticas públicas.

#### 9.4. Evaluación de políticas públicas

Los valores del índice de calidad obtenidos de la evaluación realizada a las 24 políticas públicas federales relacionadas con el manejo y conservación de los recursos marinos indicaron que el 4.2% de las leyes fueron evaluadas como “malas”, el 62.5% como “insuficientes” y el 33.3% restante como “satisfactorias” (figura 17). Además de esto, se observó la existencia de variaciones entre cada uno de los apartados establecidos en la presente evaluación.



**Figura 17.** Cantidad de políticas públicas distribuidas en las categorías establecidas por el índice de calidad.

#### **9.4.1. Elementos gramaticales**

Todas las leyes evaluadas cuentan con un lenguaje claro, fácil de comprender y analizar, pero únicamente el 83.3% cuenta con un apartado en el que se detallan los conceptos o significados de las palabras que se emplean en dicha ley, mientras que un 12.5% de estas va definiendo los conceptos y palabras a lo largo del documento, según se vayan empleado.

#### **9.4.2. Elementos lógicos**

En relación al elemento lógico, los resultados muestran que el 100% de las leyes evaluadas se encuentran formuladas de manera ordenada y guardan una relación lógica entre cada una de sus partes pero únicamente el 83.3% de estas cuentan con objetivos.

#### **9.4.3. Elementos históricos**

El elemento histórico es el menos representado dentro de las políticas públicas nacionales, debido a que ninguna de estas expone el contexto histórico que origina dicha política y sólo el 66.7% hace mención, de manera indirecta, que el documento puede ser modificado conforme a la situación lo requiera.

#### **9.4.4. Elemento sistémico**

Este elemento demostró que el 100% de las políticas públicas establece el tipo de relación que existe entre la ley y las instituciones gubernamentales, el 91.7% hace mención, de manera parcial, el lugar que ocupan las leyes dentro del sistema del derecho y el 87.5% dicta las sanciones que deben de aplicarse en caso de incurrir en alguna falta o incumplimiento.

#### **9.4.5. Relación con los ecosistemas coralinos mesofóticos**

Con relación a los ECM, ninguna de las políticas públicas revisadas hace mención de estos ecosistemas, el grado de amenaza que enfrentan, su importancia económica o social ni la forma o estrategias que deben de aplicarse para su conservación. A pesar de esto, el 62.5% de las leyes proporciona algunas pautas para incorporar o generar una norma enfocada a los ECM.

#### **9.4.6. Referentes bioéticos**

Los referentes bioéticos implementados demuestran que, de todas las políticas públicas evaluadas, el 62.5% cuenta con un enfoque basado en la sustentabilidad, el 37.5% establece la responsabilidad que tiene el ser humano sobre el ambiente, el 33.3% presenta un enfoque basado en el principio precautorio y sólo el 20.8% apunta hacia un desarrollo armónico entre el hombre y la naturaleza.

#### **9.5. Propuesta de política pública**

Con base en los resultados obtenidos en los cuatro apartados anteriores y tomando en cuenta los principios de precaución y responsabilidad, se elaboró una propuesta de política pública integral, la cual se encuentra conformada por un marco legal, un marco teórico (consideraciones), un prefacio y por los apartados de disposiciones generales, instrumentos políticos, instrumentos económicos, instrumentos sociales, instrumentos ambientales y medidas de control, seguridad y sanciones. Estos últimos seis apartados se encuentran integrados por varios artículos, los cuales en su totalidad hacen una suma de 43 artículos enfocadas al manejo, conservación y aprovechamiento sostenible de los arrecifes, pero principalmente de los ECM (aporte 1).

## 10. Discusión

El uso de los sistemas de información geográfica, para el presente estudio, resultó adecuado dado que permitió identificar amplias zonas de distribución potencial para los ecosistemas coralinos mesofóticos en el golfo de México y el Caribe mexicano, lo cual refuerza lo expuesto por Mena-Frau *et al.* (2006) respecto al hecho de que los SIG son elementos importantes dentro de los proyectos de investigación científica y ordenamiento ecológico, debido a que permiten analizar una gran cantidad de información de una manera más clara y sencilla.

De esta forma, el modelo de distribución fue elaborado utilizando las variables de atenuación difusa, distancia de arrecifes someros, batimetría y rugosidad como sustitutos de registros biológicos (presencia/ausencia), lo que permitió generar un modelo predictivo con distribuciones hipotéticas, las cuales de acuerdo con Trotta-Moreu *et al.* (2008) y Gamez-Pastrana (2011) tienen un efecto positivo en los proyectos de conservación.

Cabe mencionar que el uso de las distribuciones hipotéticas ha sido utilizado con anterioridad en trabajos como el análisis de vacíos y omisiones desarrollado por la CONABIO (2007) y el estudio de distribución de ECM elaborado por Locker *et al.* (2010). Sin embargo, a diferencia de este último, nuestro modelo incluyó, además del rango batimétrico, tres variables más (atenuación difusa, distancia de arrecifes someros y rugosidad), lo que permitió reconocer zonas aptas para el desarrollo de ECM, de las cuales una de estas concuerda con el sistema del Parque Nacional Arrecifes del Cozumel, en el que Gress *et al.* (2017) estudiaron la conectividad que existe entre estos ecosistemas y los ecosistemas coralinos someros.

De igual manera, el modelo coincide con lo expuesto por Kahng *et al.* (2010) respecto a la influencia negativa que existe entre la sedimentación y la distribución de los ecosistemas coralinos mesofóticos, porque en las zonas cercanas al estado de Tabasco y el norte del estado de Tamaulipas se registraron valores menores o nulos de aptitud para el desarrollo de ECM, debido a que estas áreas se encuentran bajo la influencia de las desembocaduras de los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta, los cuales son dos de los ríos más caudalosos del país (FCEA, 2018).

Paralelamente, el modelo de distribución potencial muestra que en zonas cercanas a arrecifes someros los niveles de aptitud para el establecimiento de ECM son mayores, lo que fortalece la hipótesis de los arrecifes de profundidad como refugio (Glynn, 1996), el estudio desarrollado por Bridge *et al.* (2012), en el que se demuestra que los ECM presentan una riqueza

taxonómica mayor de corales duros, en comparación de los ecosistemas someros, y el trabajo de Baker *et al.* (2016) en los que se expone la estrecha y eficiente conectividad que existe entre los ecosistemas de aguas someras y los ecosistemas mesofóticos.

En otro contexto, se observó que, en el golfo de México y el Caribe mexicano, el gobierno federal ha implementado diversas políticas con el fin de lograr un eficiente manejo y conservación de los ecosistemas marinos, cada una de estas con diferente nivel jerárquico y con sus propias acciones. De tal manera que las Áreas Naturales Protegidas y los Sitios Ramsar son zonas en las que se han implementado planes y estrategias con el fin de generar un cuidado y aprovechamiento de las especies (RAMSAR, 2014; CONANP, 2016b), los Sitios Prioritarios Marinos para la conservación de la Biodiversidad y las Regiones Marinas Prioritarias son áreas que indican la existencia de una gran cantidad de especies (CONABIO, 2007; CONABIO, 2008), y las zonas de exploración y extracción de hidrocarburos son sitios en los que realizan acciones enfocadas al aprovechamiento del petróleo (SENER, 2017). Sin embargo, a pesar de la existencia de estas políticas y de la gran coincidencia que existe entre estas y las zonas catalogadas como “aptas” y “muy aptas”, ninguna toma en consideración, de manera explícita, a los ECM. Lo anterior, se puede deber a la falta de información que existe sobre los ECM (Baker *et al.*, 2016) y al hecho de que la mayoría de las estrategias de manejo y conservación implementadas hasta el momento se encuentran enfocadas, principalmente, a la protección de las zonas costeras y de los sitios de importancia para el desarrollo de especies carismáticas, olvidando con ello la conectividad que existe entre estas zonas y el resto de los ecosistemas (CONABIO, 2007). Situación que, de acuerdo con Dorfman (2005), muestra la necesidad de retomar las ideas de estrategias de cuidado y aprovechamiento basadas en ecosistemas y no en especies individuales donde no se considera a los sistemas ecológicos, sus funciones y las relación de complejidad de las diversas especies en conjunto.

Es en este contexto que los vacíos y las omisiones dentro de las políticas públicas nacionales son el resultado de la escasa y fragmentada información que existe sobre los ambientes marinos y, particularmente, sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos (Arriaga-Cabrera *et al.*, 1998; Baker *et al.*, 2016). Realidad que explica los resultados obtenidos en nuestro análisis diagnóstico, donde se demostró que tanto especialistas en arrecifes como instituciones

gubernamentales presentan bajos niveles de conocimiento sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos y sobre las amenazas que enfrentan.

Igualmente, la mayoría de los encuestados calificaron, de acuerdo a su criterio, a las políticas públicas nacionales e internacionales enfocadas al manejo y conservación de los ecosistemas marinos y, principalmente, los ECM con valores bajos y expusieron la necesidad de modificar o generar nuevas políticas con el fin de incluir mayores aspectos ecológicos, sociales y bioéticos, puesto que, desde su origen, las estrategias nacionales han tenido como eje principal acciones económicas y políticas (Micheli, 2002), lo que ha originado que no se cuente con un enfoque integral para el aprovechamiento y cuidado de los ecosistemas.

Con lo anterior, se explican los resultados obtenidos de la evaluación realizada a las políticas federales, donde se encontró que, de los seis apartados utilizados, los que obtuvieron un mayor porcentaje fueron los correspondientes a los referentes políticos, es decir, los elementos gramaticales, lógicos, históricos y sistémicos; mientras que los referentes ambientales y bioéticos fueron los que menor puntaje obtuvieron.

Así, lo antes mencionado, resalta la importancia de incluir el principio de responsabilidad y de precaución en nuestra propuesta de política pública, dado que con estos elementos se logran dos acciones que son 1) establecer un actuar, por parte del ser humano, basado en la cautela y la humildad para la conservación sin poner en peligro la permanencia de la humanidad sobre la tierra (De Siqueira, 2001) y 2) establecer las medidas necesarias a implementar cuando no se cuenta con la certeza de lo que nuestro actuar puede ocasionar (Arcila-Salazar, 2009).

Asimismo, se decidió incluir, en la propuesta de política pública, estos dos principios debido a la complementariedad que existe entre ellos y el objetivo que guardan, es decir, la óptima administración de los ecosistemas (González, 2014), lo cual sustenta la utilización de la bioética como guía en la elaboración de toda propuesta de política pública porque, en palabras de Goikoetxea (1998: 26.):

*La bioética trata de aportar luz y argumentos al debate social que debe preceder sin duda a la toma de decisiones de estas cuestiones, consciente de que muchas de ellas deben superar preferencias y sistemas de valores individuales para encontrar una respuesta comunitaria que se plasmen en medidas políticas y legislativas.*

Dicho de otra manera, la bioética puede proporcionar, a las políticas públicas, una visión interdisciplinaria que se traduciría en la participación activa de todos los actores directa e indirectamente involucrados con el fin de reconocer, valorar, preservar y restaurar los servicios ambientales que proveen los ecosistemas (SEMARNAT, 2009; CONABIO, 2016).

De esta manera, lograr un positivo manejo y conservación de los ecosistemas requiere del uso de toda la información disponible con el fin de obtener una correcta identificación del problema y una coherente formulación de objetivos que permitan generar una posible solución que se traduzca en la ejecución e implementación de medidas e instrumentos definidos por la biología de las especies y los tipos de hábitats (SEMARNAT, 2009; SUBDERE, 2009; CONABIO, 2016).

## 11. Conclusiones

- ✿ En el golfo de México y el Caribe mexicano existen zonas como la isla de Cozumel, el Parque Nacional Arrecife Alacranes, el banco de Campeche y el norte-centro del estado de Veracruz, donde las condiciones ambientales (atenuación difusa, distancia de arrecifes someros, batimetría y rugosidad) son aptas para el desarrollo de los ecosistemas coralinos mesofóticos.
- ✿ Aunque existe una gran coincidencia entre las zonas con potencial para el desarrollo de los ECM y las ANP (5.38%), los sitios Ramsar (2.20%), las RMP (51.00%) y los SMP (8.22%), ninguna toma en consideración a los ECM.
- ✿ La encuesta aplicada a instituciones gubernamentales y especialistas mostró, que existen altos niveles de conocimiento sobre los arrecifes coralinos (60.2%), pero bajos niveles de conocimiento sobre los ECM (78%).
- ✿ La mayoría de las políticas públicas actuales relacionadas con el manejo y la conservación de los ecosistemas marinos son insuficientes (62.5%) y carecen de referentes bioéticos de responsabilidad y precaución.
- ✿ Debido a que las actuales políticas públicas federales son deficientes y omiten a los ECM, se desarrolló una propuesta de política pública integral conformada por instrumentos políticos, económicos, sociales y ambientales.

- ✿ Los aspectos bioéticos de responsabilidad y precaución, que establecen expertos e instituciones, fundamentan la propuesta de política pública desarrollada en el presente estudio.

## **12. Recomendaciones**

- ✿ Se recomienda a las autoridades federales propiciar estudios científicos, que generen mayor información sobre los factores limitantes de los ECM, con el fin de contar con herramientas que permitan representar su distribución real.
- ✿ Se recomienda reformar las actuales estrategias de manejo y conservación de los ecosistemas marinos con el fin de incluir a los ECM.
- ✿ Se recomienda mejorar las técnicas de difusión del conocimiento respecto a la conservación de los ECM con el fin de generar una óptima toma de decisiones entre todos los actores involucrados.

## **13. Referencias**

- AIDA (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente). 2015. La protección de los arrecifes de coral en México: Rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad. AIDA. San Francisco, California. 40 pp.
- Appeldoorn, R., D. Ballantine, I. Bejarano, M. Carlo, M. Nemeth, E. Otero y E. Weil. 2016. Mesophotic coral ecosystems under anthropogenic stress: a case study at Ponce, Puerto Rico. *Coral Reefs* 35: 63-75.
- Arancibia, S., E. Contreras, S. Mella, P. Torres y I. Villalba. 2003. Evaluación multicriterio: Aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva. Universidad de Chile.
- Arcila-Salazar, B. 2009. El principio de precaución y su aplicación judicial. *Revista Facultad de Derecho y Ciencias Políticas* 39 (111): 283-304.
- Arellano-Gault, D. y F. Blanco. 2013. Políticas públicas y democracia. Instituto Federal Electoral. Ciudad de México, México. 63 pp.
- Armstrong, R. A., H. Singh, J. Torres, R. S. Nemeth, A. Can, C. Roman y G. García-Moliner. 2006. Characterizing the deep insular shelf coral reef habitat of the Hind Bank marine

- conservation district (US Virgin Islands) using the Seabed autonomous underwater vehicle. *Continental Shelf Research* 26: 194-205.
- Arriaga-Cabrera, L., E. Vázquez-Domínguez, J. González-Cano, R. Jiménez-Rosenberg, E. Muñoz-López y V. Aguilar-Sierra. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html> Consultado el 14 de marzo de 2018.
- Assis, J., L. Tyberghein, S. Bosh, H. Verbruggen, E. A. Serrão y O. De Clerck. 2017. Bio-Oracle v2.0: Extending marine data layers for bioclimatic modelling. *Global Ecology and Biogeography*.
- Baker, E. K., K. A. Puglise y P. T. Harris. 2016. Mesophotic coral ecosystems. A lifeboat for coral reefs? UNEP. Arendal, Nairobi and Arendal. 98 pp.
- Bare, A.Y., K. L. Grimshaw, J. J. Rooney, M. G. Sabater, D. Fenner y B. Carroll. 2010. Mesophotic communities of the insular shelf at Tutuila, American Samoa. *Coral Reefs* 29 (2): 369-377.
- Barría-Paredes, M. 2010. El elemento de interpretación gramatical. Su origen en Savigny, algunos autores modernos y la doctrina nacional. *ARS BONI ET AEQUI* 7 (2): 257-279.
- Basurto-Lozano, D. 2006. Arrecifes coralinos. En: Moreno-Casasola, P., E. Peresbarbosa y A. C. Travieso-Bello (Eds.). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, México. Pp. 241-263.
- Beauchamp, T. L. y J. F. Childress. 1979. Principios de ética biomédica. Masson. Barcelona, España. 522 pp.
- Bello-Pineda, J., R. Ponce-Hernández y M. A. Liceaga-Correa. 2006. Incorporating GIS and MCE for suitability assessment modelling of coral reef resources. *Environmental Monitoring and Assessment* 114: 225-256.
- Bongaerts, P., F. Martínez y L. Hinderstein. 2017. Mesophotic.org Disponible en: <http://www.mesophotic.org/> Consultado el 14 de agosto de 2017.

- Bridge, T. C. L., K. E. Fabricius, P. Bongaerts, C. C. Wallace, P. R. Muir, T. J. Done y J. M. Webster. 2012. Diversity of Scleractinia and Octocorallia in the mesophotic zone of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 31: 179-189.
- Candela, J., S. Tanahara, M. Crepon, B. Barnier y J. Sheinbaum. 2003. Yucatan Channel flow: Observations versus CLIPPER ATL6 and MERCATOR PAM models. *Journal of Geophysical Research* 18 (C12): 1-24.
- Clouser, D. A. y B. Gert. 1990. Critique of principlism. *The Journal of Medicine and Philosophy* 15: 219-236.
- CNH (Comisión Nacional de Hidrocarburos). 2017. Portal de información técnica. Disponible en: [https://portal.cnih.cnh.gob.mx/iicnih2/?lng=es\\_MX](https://portal.cnih.cnh.gob.mx/iicnih2/?lng=es_MX) Consultado el 14 de agosto de 2017.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 1998. Regiones Marinas Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy, Pronatura. México, D.F. 129 pp.
- CONABIO, CONANP, TNC, y PRONATURA (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy). 2007. Sitios prioritarios marinos para la conservación de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy - Programa México, Pronatura, México, D. F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2008. Sitios Prioritarios Marinos. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Sitios\\_prioritarios\\_marinos: SHP](http://www.conabio.gob.mx/gap/index.php/Sitios_prioritarios_marinos: SHP) Consultado el 17 de octubre de 2018.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2011. Zona Económica Exclusiva de México. Límite Nacional 1:250000. Modificado de Instituto

- Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Lugo-Hupb J., Vidal-Zepeda, R., Fernández-Equiarte, A., Gallegos-García, A., Zavala-H, J. y otros (1990). 'Zona Económica Exclusiva de México'. Extraído de Hipsometría y Batimetría, I.1.1. Atlas Nacional de México. Vol. I. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030. Gobierno de la República. Ciudad de México. 388 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2016a. Estudio previo justificativo para la declaratoria de la reserva de la biosfera Caribe mexicano. SEMARNAT. Quintana Roo, México. 305 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2016b. Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/regionales/> Consultado el 17 de octubre de 2018.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2016c. Sitios RAMSAR de México 2016. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2017. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Noviembre 2017. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- CONBIOETICA (Comisión Nacional de Bioética). 2012. Análisis bioético de las políticas públicas en salud. Curso-Taller. 22 al 26 de Octubre de 2012. México. Disponible en: <http://www.conbioetica-mexico.salud.gob.mx/> .
- Darwin, C. 1842. La estructura y distribución de los arrecifes de coral. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. 272 pp.
- De Oliveira-Soares, M., T. Cruz Lopes-Tavares y P. Bastos de Macêdo-Carneiro. 2018. Mesophotic ecosystems: Distribution, impacts and conservation in the South Atlantic. Biodiversity and Distributions: 1-14.
- De Siqueira, J. E. 2001. El principio de responsabilidad de Hans Jonas. Acta Bioethica 7 (2): 277-285.

- Dorfman, D. 2005. Reino Marino. En: Dudley. N. y J. Parrish (Eds.). Cubriendo los vacíos, la creación de sistemas de áreas protegidas ecológicamente representativos. The Nature Conservancy. Mérida, Yucatán. México. 117 pp.
- Escobar-López, M. T. 2012. Bioética más allá del principialismo. *Revista Latinoamericana de Bioética*. 12 (2): 6-9
- Escobar-Picasso, E. y A. L. Escobar-Cosme. 2010. Principales corrientes filosóficas en bioética. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 67: 196-203.
- Etnoyer, P. J., L. N. Wickes, M. Silva, J. D. Dubick, L. Balthis, E. Salgado y I. R. MacDonald. 2016. Decline in condition of gorgonian octocorals on mesophotic reefs in the northern Gulf of Mexico: before and after the Deepwater Horizon oil spill. *Coral Reefs* 35 (1): 77-90.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1976. A framework for land evaluation. *Soils Bulletin* 32. FAO. Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5310E/x5310e00.htm>
- FCEA (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental). 2018. Cuerpos de Agua. Disponible en: <https://agua.org.mx/cuerpos-de-agua/> Consultado el 01 de marzo de 2018.
- Feitoza, B. M., R. S. Rosa y L. A. Rocha. 2005. Ecology and Zoogeography of Deep-Reef Fishes in Northeastern Brazil. *Bulletin of Marine Science* 76 (3): 725-742.
- FNF (Fundación Friedrich Naumann para la Libertad). 2015. Manual de políticas ambientales municipales exitosas: Centro América México. Fundación Friedrich Naumann para la Libertad. Fundación Pública México, D. F. 201 pp.
- Galán, C., P. Balvanera y F. Castellarini. 2012. Políticas públicas hacia la sustentabilidad: integrando la visión ecosistémica. CONABIO. México. 108 pp.
- Gamboa-Bernal, G. A. 2008. Restablecer la relación hombre-ecosistema: Un desafío para la bioética. *Revista Colombiana de Bioética* 3 (1): 195-218.
- Gamez-Pastrana, R. 2011. Guía para la elaboración de mapas de distribución potencial. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. 38 pp.
- García, J. J. 2013. Bioética personalista y bioética principialista. *Perspectivas. Cuadernos de bioética* 24 (1): 67-76.

- Glynn, P. W. 1996. Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biology* 2 (6): 495-509.
- Goikoetxea, M. J. 1998. Introducción a la bioética. Cuadernos de teología Deusto. Universidad de Deusto. Facultad de Teología. Bilbao, España. 52 pp.
- González, G. 2014. El principio de responsabilidad y el principio de precaución: Hans Jonas y la constitución de una ecoética. *Revista Diacrítica* 28 (2): 241-270.
- Greenacre, M. 2008. La práctica del análisis de correspondencias. Fundación BBVA. Bilbao, España. 375 pp.
- Gress, E., M. Arroyo-Gerez, G. Wright y D. A. Andradi-Brown. 2017. Mesophotic coral ecosystem (MCEs) act as deep reef refuges for fish populations in Cozumel, México. En: *Proceedings of the 69th Gulf and Caribbean Fisheries Institute*. Gran Caimán, Islas Caimán. Pp. 85-86.
- Hinderstein, L. M., J. C. A. Marr, F. A. Martínez, A. M. J. Dowgiallo, K. A. Puglise, R. L. Pyle y R. Appeldoorn. 2010. Theme section on mesophotic coral ecosystems: Characterization, ecology and management. *Coral Reefs* 29: 247-251.
- Huesca-Domínguez, I. 2016. Validez y confiabilidad de instrumentos de estudios de opinión. Proyecto de intervención. Universidad Veracruzana. Centro de estudios de opinión y análisis. Xalapa, Veracruz, México. 64 pp.
- Jonas, H. 1995. El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Herder. Barcelona, España. 298 pp.
- Kahng, S. E., J. R. García-Sais, H. L. Spalding, E. Brokovich, D. Wagner, E. Weil y R. J. Toonen. 2010. Communityecology of mesophotic coral reef ecosystems. *Coral Reefs* 29: 255-275.
- Khera, N. y A. Kumar. 2010. Inclusion of biodiversity in environmental impact assessments (EIA): a case study of selected EIA reports in India. *Impact Assessment and Project Appraisal* 28 (3): 189-200.
- Lara-Lara, J. R., V. Arenas-Fuentes, C. Bazán-Guzmán, V. Díaz-Castañeda, E. Escobar-Briones, M. de la C. García-Abad y J. Bezaury-Creel. 2008. Los ecosistemas marinos. En: *Capital natural de México*. Sarukhán J. (Ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 135-159 pp.

- Lesser, M. P., M. Slattery y J. J. Leichter. 2009. Ecology of mesophotic coral reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 375: 1-8.
- Locker, S. D., R. A. Armstrong, T. A. Battista, J. J. Rooney, C. Sherman y D. G. Zawada. 2010. Geomorphology of mesophotic coral ecosystems: Current perspectives on morphology, distribution and mapping strategies. *Coral reefs* 29: 329-345.
- Malhotra, N. K. 2004. *Investigación de Mercados, Un enfoque aplicado*. Cuarta edición. Pearson Educación. México. 816 pp.
- Mayr-Maldonado, J. 2000. Ética y medio ambiente. En: Mayr-Maldonado, J., G. Hottois, G. Montañez-Gómez, M. L. Eschenhagen, D. M. Guio-Torres, M. Sánchez, J. Escobar-Triana, C. E. Maldonado, P. S. Lorda, K. Cranley-Glass, R. Villaroel y A. Couceiro-Vidal (Eds.). *Bioética y medio ambiente*. Colección Bios y Ethos. Ediciones El Bosque. Santafé de Bogota, D. C. Pp. 21-29.
- Mena-Frau, C., J. Gajardo-Valenzuela y Y. Ormazábal-Rojas. 2006. Modelación espacial mediante geomática y evaluación multicriterio para la ordenación territorial. *Revista Facultad de Ingeniería* 14 (1): 81-89.
- Micheli, J. 2002. Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad* 14 (23): 129-170.
- Mujica, S. y H. Pacheco. 2013. Metodología para la generación de un modelo de zonificación de amenaza por procesos de remoción en masa, en la cuenca del río Camurí Grande, estado Vargas, Venezuela. *Revista de Investigación* 37 (80): 215-243.
- Naser, H. A. 2015. The role of environmental impact assessment in protecting coastal and marine environments in rapidly developing islands: The case of Bahrain, Arabian Gulf. *Ocean & Coastal Management* 104: 159-169.
- NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica). 2018. Flower Garden Banks National Marine Sanctuary. Disponible en: <https://flowergarden.noaa.gov/about/mesophotic.html> Consultado el 04 de marzo de 2019.
- Osorio, S. N. 2005. Van Rensselaer Potter, una visión revolucionaria para la bioética. *Revista Latinoamericana de Bioética* 8: 1-24.
- Pereda, C. F. 2016. Obama crea la región protegida más grande del mundo en Hawaii. *Periodico: El País*. 20 de noviembre de 2016.

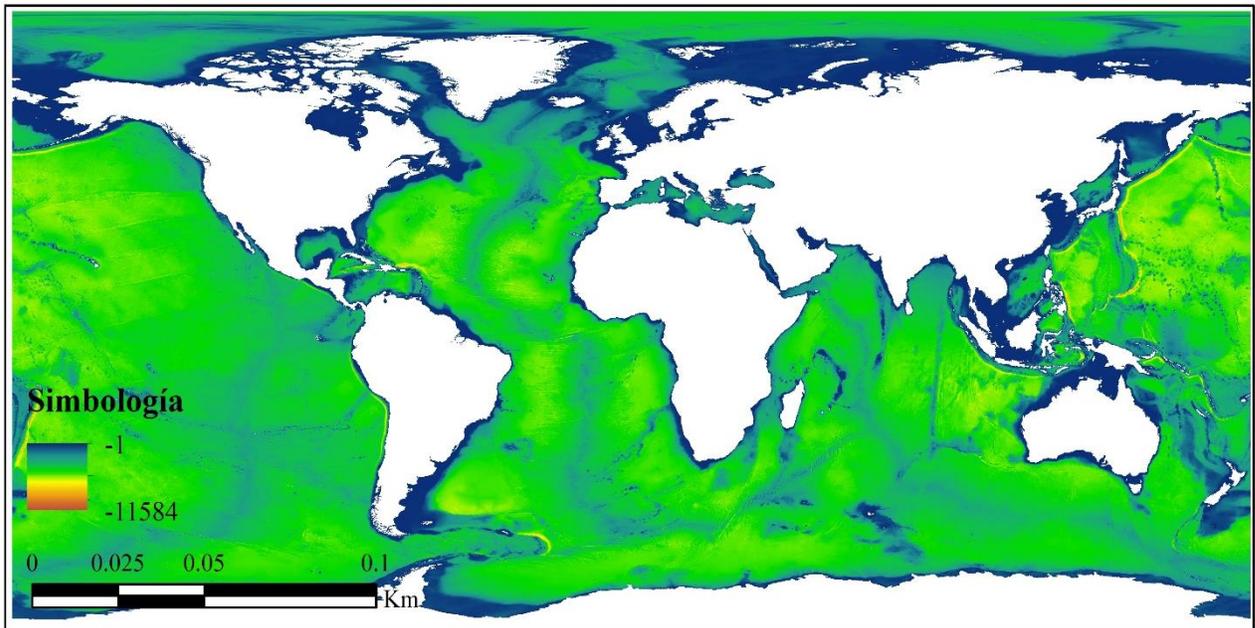
- Puglise, K. A., L. M. Hinderstein, J. C. A. Marr, M. J. Dowgiallo y F. A. Martínez. 2009. Mesophotic coral ecosystems research strategy: International workshop to prioritize research and management needs for mesophotic coral ecosystems. National Oceanic and Atmospheric Administration. Silver Spring, Maryland. 24 pp.
- Quiroga, V. I., E. Góngora, F. L. González, T. Magala-Velásquez, A. M. Galeano, D. A. Sánchez y J. A. Sánchez. 2015. Arrecifes coralinos mesofóticos: descubriendo aspectos clave de la vida coralina en las zonas del crepúsculo. *Hipótesis, Apuntes Científicos Uniandinos* 18: 42-53.
- RAMSAR (The Ramsar Convention Secretariat). 2014. Los Sitios Ramsar. Disponible en: <https://www.google.com.mx/search?q=sitios+ramsar&oq=sitios+ramsar&aqs=chrome..69j57.4227j0j1&sourceid=chrome&ie=UTF-8> Consultado el 17 de octubre de 2018.
- ReefBase. 2017. ReefBase: A global information system for coral reefs. Disponible en: <http://reefbase.org/main.aspx> Consultado el 14 de octubre de 2017.
- Riegl B. y W. Piller. 2003. Possible refugia for reefs in times of environmental stress. *International Journal of Earth Sciences* 92 (4): 520-531.
- Rocha, L. A., H. T. Pinheiro, B. Shepherd, Y. P. Papastamatiou, O. J. Luiz, R. L. Pyle y P. Bongaerts. 2018. Mesophotic coral ecosystems are threatened and ecologically distinct from shallow water reefs. *Science* 361: 281-284.
- Sbrocco, E. J., y P. H. Barber. 2013. MARSPEC: ocean climate layers for marine spatial ecology. *Ecology* 94: 979.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. La carta de la tierra. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Secretaria de Nacional de La Carta de la Tierra. México, Ciudad de México. 32 pp.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Manejo de Vida Silvestre. Manual técnico para beneficiarios. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. Guadalajara, Jalisco, México. 31 pp.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2017. Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Noviembre 2017. Edición 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México.

- SENER (Secretaria de Energia). 2017. Exploración y extracción de hidrocarburos. Disponible en: <https://www.gob.mx/sener/articulos/exploracion-y-extraccion-de-hidrocarburos-107376>  
Consultado el 17 de octubre de 2018.
- Silva, M., P. J. Etnoyer y I. R. MacDonald. 2016. Coral injuries observed at mesophotic reefs after the Deepwater Horizon oil discharge. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 129: 96-107.
- Soderman, T. 2005. Treatment of biodiversity issues in Finnish environmental impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal* 23 (2): 87-99.
- Starck, W. A. y J. D. Starck. 1972. Probing the deep reef's hidden realm. *National Geographic Magazine* 142 (6): 867-886.
- Starck, W. A. y P. L. Colin. 1978. *Gramma linki*: a new species of grammid fish from the tropical western Atlantic. *Bulletin of Marine Science* 28 (1): 146-152.
- Studivan, M. S. y J. D. Voss. 2018. Assessment of mesophotic coral ecosystem connectivity for proposed expansion of a marine sanctuary in the northwest Gulf of Mexico: Population genetics. *Frontiers in marine Science* 5 (152): 1-11.
- SUBDERE (Subsecretaria de Desarrollo Regional y Administrativo). 2009. Guía metodológica para la formulación de políticas públicas. Gobierno de Chile. Ministerio interior. Santiago, Chile. 109 pp.
- Trotta-Moreu, N., J. M. Lobo y F. J. Cabrero-Sañudo. 2008. Distribución conocida y potencial de las especies Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en México. *Acta Zoológica Mexicana* 24 (2): 39-65.
- Tyberghein, L., H. Verbruggen, K. Pauly, C. Troupin, F. Mineur y O. De Clerck. 2012. Bio-Oracle: A global environmental dataset for marine species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography* 21: 271-281.
- Vásquez-Sánchez, M. Á. 2002. Políticas públicas ambientales, una reflexión. *Ecofronteras* 16: 14-16.
- Wilches-Flórez, M. A. 2011. La propuesta bioética de Van Rensselaer Potter, cuatro décadas después. *Opción* 27 (66): 70-84.
- Wiseman, W. J. y W. Sturges. 1999. Physical oceanography of the Gulf of México: Processes that regulate its biology. En: Sherman, K., H. Kumpf y K. Steidinger (Eds.). *The Gulf of*

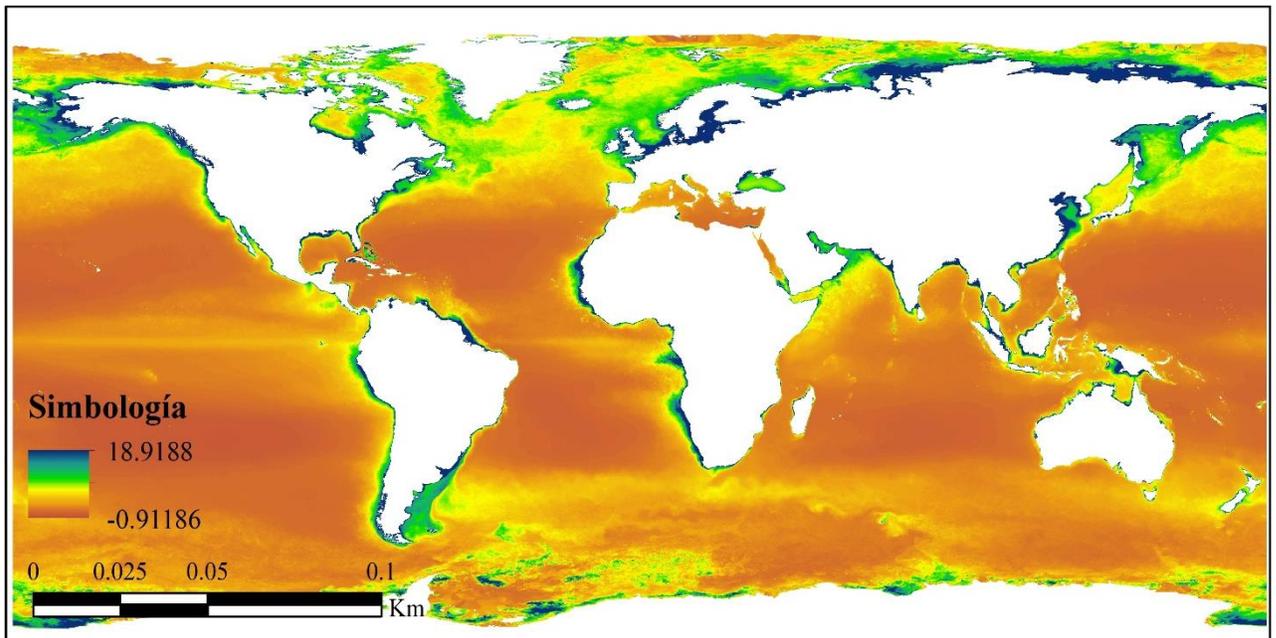
México large marine ecosystem: Assessment, sustainability and management. New York, NY. 763 pp.

## 14. Anexos

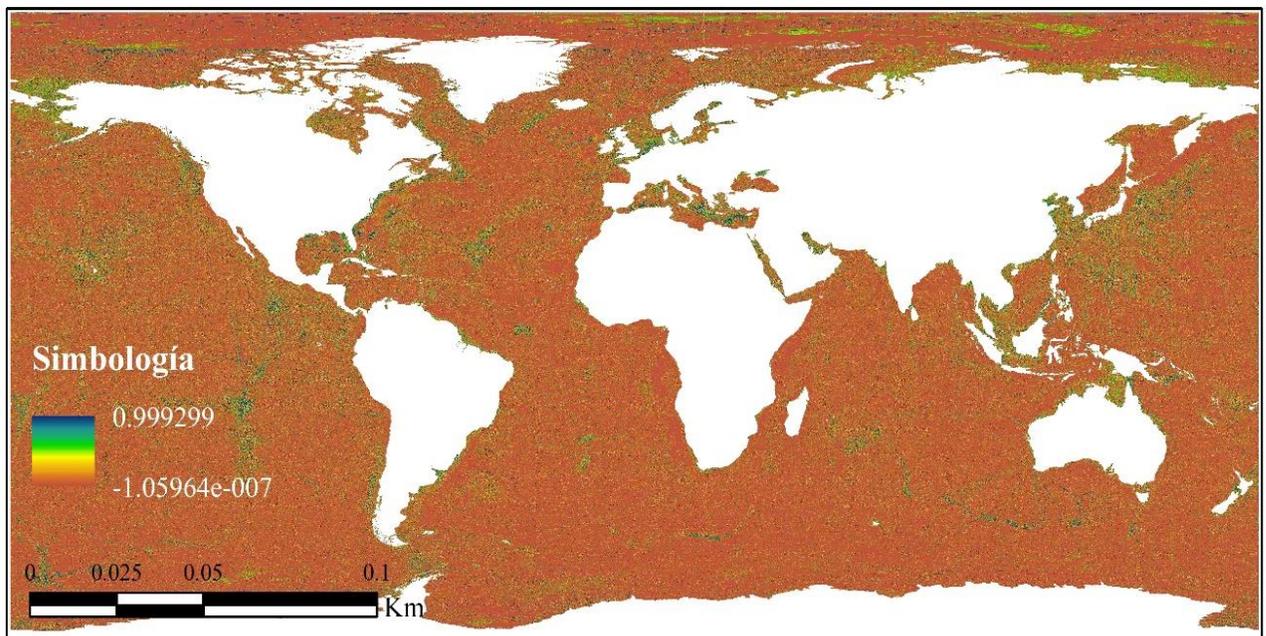
**Anexo 1.** Capa batimétrica mundial tomada de Sbrocco y Barber (2013).



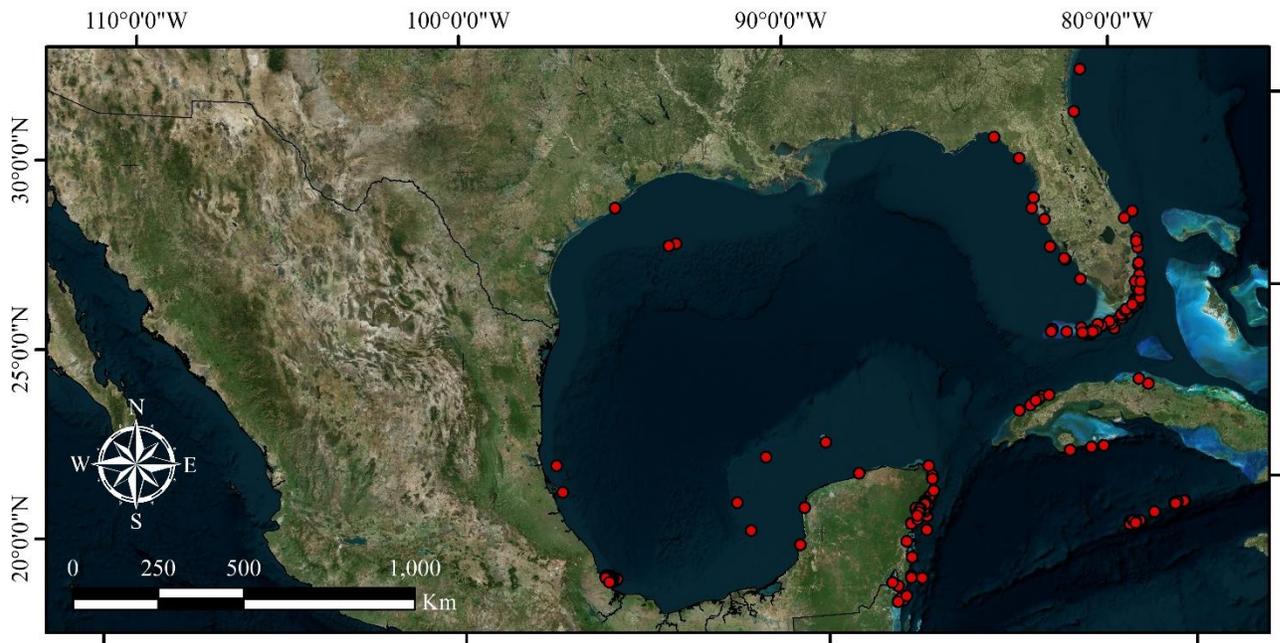
**Anexo 2.** Capa mundial de atenuación difusa tomada de Tyberghein *et al.* (2012) y Assis *et al.* (2017).



**Anexo 3.** Capa mundial de rugosidad.



**Anexo 4.** Capa de distribución de arrecifes tomada de ReefBase (2017).



## 15. Aportes a la conservación

**Aporte 1.** Propuesta de política pública para el manejo y conservación de los arrecifes y los ecosistemas coralinos mesofóticos del país.

### **PROPUESTA de Política Pública, Que establece las estrategias para el manejo y conservación de los arrecifes y los ecosistemas coralinos mesofóticos**

---

---

Edgar Bautista Apan, ciudadano de los Estados Unidos Mexicanos y licenciado en biología con número de cédula profesional 9372956, con fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Código Penal Federal, la Ley de Aguas Nacionales, la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, la Ley de Hidrocarburos, la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, la Ley de Puertos, la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, la Ley del Mar, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley General de Bienes Nacionales, la Ley General de Cambio Climático, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley de Pesca y Acuicultura Sustentable, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley Minera, el Plan Nacional de Desarrollo 2013–2018 y los Acuerdos Internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte.

#### **CONSIDERANDO**

Que los arrecifes son ecosistemas de reconocido valor debido a que proporcionan a las sociedades humanas una amplia gama de bienes y servicios ecosistémicos como son: 1) regulación del clima, 2) protección y mitigación de la erosión costera, huracanes, tormentas tropicales, oleadas y tsunamis, 3) zonas de abundante pesca, 4) recreación y turismo, 5) mantenimiento de la biodiversidad marina y 6) recursos e información útil para las industrias, principalmente, la farmacéutica (AIDA, 2015; Baker *et al.*, 2016).

Que existen comunidades que generan un aprovechamiento no sustentable de los recursos marinos.

Que se debe generar información sobre los ecosistemas marinos con el fin de contar con los elementos necesarios para expedir recomendaciones que permitan mitigar los efectos del cambio climático.

Que se deben conocer y controlar las emisiones de materiales depositados en los ecosistemas marinos y su grado de afectación a la biodiversidad.

Que aunque es imposible calcular con exactitud el valor económico de los arrecifes debido a la amplia gama de servicios ecosistémicos que proporcionan, se estima que el valor de la conservación y la biodiversidad de un sólo arrecife de coral, en un solo año, es superior a los 26,000,000.00 de dólares (Patrón-Soberano, 2008).

Que el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2006) estimó que el valor de los arrecifes y los manglares se encuentra entre los 2,000.00 y el 1,000,000.00 de dólares por km<sup>2</sup>.

Que a pesar de su alto valor e importancia, el mundo ha perdido el 19% de sus arrecifes coralinos y que para el año 2030 el mundo puede llegar a perder entre el 60 y el 70% de su cobertura coralina, debido a la gran presión ejercida sobre estos ecosistemas por factores naturales pero, principalmente, por factores humanos (Wilkinson, 2008; Bowdery *et al.*, 2014; AIDA, 2015).

Que los arrecifes con mayor probabilidad de sobrevivir serán los que se ubican en zonas protegidas, lejos de la escorrentía terrestre y las temperaturas altas del mar, tal es el caso de los ecosistemas coralinos mesofóticos, los cuales son ecosistemas que se caracterizan por la presencia de corales dependientes de la luz y comunidades asociadas ubicadas en regiones tropicales y subtropicales, por lo general entre los 30 y los 200 metros de profundidad, donde la cantidad de luz que penetra a la columna de agua es equivalente al 10% o menos (Puglise *et al.*, 2009, Hinderstein *et al.*, 2010).

Que en el golfo de México y Caribe mexicano existen las condiciones fisicoquímicas y geomorfológicas para el desarrollo de amplias zona de distribución potencial de ecosistemas coralinos mesofóticos.

Que los ecosistemas coralinos mesofóticos se encuentran conformados por ensamblajes complejos de flora y fauna de los ambientes profundos y someros; proporcionan zonas de refugio a especies someras ante factores de estrés o alteración; son fuentes generadoras de larvas, reclutas y colonos para los arrecifes someros y son zonas de abundante pesca de especies ubicadas cerca o en la cima de las redes tróficas marinas (Hinderstein *et al.*, 2010; Quiroga *et al.*, 2015; Baker *et al.*, 2016).

Que existe un bajo conocimiento por parte de especialistas e instituciones gubernamentales sobre los ecosistemas coralinos mesofóticos del país por lo que nos son considerados dentro de las zonificaciones marinas, los programas de manejo y conservación, y en general, dentro de ninguna política pública.

Que las políticas públicas nacionales enfocadas al manejo y conservación de los ecosistemas marinos presentan vacíos y omisiones que ocasionan que sean evaluadas, mayoritariamente, como deficientes o suficientes.

Que es indispensable forjar las estrategias para asegurar un futuro sostenible, basado en el respeto hacia la naturaleza; los derechos humanos universales; la justicia económica y una cultura de paz, dado que nos encontramos en un momento crítico en la historia que nos depara grandes promesas pero también grandes riesgos (SEMARNAT, 2007).

Que se debe recurrir a las políticas públicas para resolver los problemas que depara el futuro, ya que estas son acciones del gobierno con intención de interés común, que constituyen un aspecto sustancial para la consolidación y que requieren de procesos abiertos y sistemáticos para dar solución a problemas específicos (Arellano-Gault y Blanco, 2013).

Que los Estados Unidos Mexicanos es firmante de acuerdos internacionales como el Convenio Ramsar o Convención sobre Humedales de Importancia Internacional (1971), la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de las Naciones Unidas (1972), la Declaración de Estocolmo sobre el medio ambiente humano (1972), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1972), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (1973), la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982), la Convención de Cartagena para la Protección del Medio Marino de la Región del Gran Caribe (1983), la Convención de la Diversidad Biológica (1992), la Iniciativa Internacional de Arrecifes de Coral (1994) y el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la Organización de las Naciones para la Agricultura, la Pesca y la Alimentación (1995), en los cuales se establece que se debe de: 1) generar un aprovechamiento sostenible de los recursos, 2) adoptar medidas para reducir, mitigar y controlar las presiones sobre la diversidad biológica, 3) proteger y mitigar los ecosistemas raros o vulnerables, 4) adoptar normas para la determinación de la responsabilidad, 5) mejorar la situación de la diversidad biológica, 6) aumentar los beneficios de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos para todos y 7) mejorar la aplicación de las políticas públicas a través de la planificación participativa, la gestión de los conocimientos y el desarrollo de capacidades.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien proponer la siguiente:

## **POLÍTICA PÚBLICA PARA EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS CORALINOS MESOFÓTICOS**

### **PREFACIO**

En la elaboración de la presente Propuesta participaron las siguientes entidades y órganos:

- Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías. Universidad Veracruzana.
- Facultad de Biología. Universidad Veracruzana.

### **DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 1.** La presente Propuesta de Política Pública es de jurisdicción federal para aplicarse en todas las zonas marinas que forman parte del territorio nacional y en las que la Nación ejerce algún tipo de derecho y tiene como objetivo contribuir al manejo y conservación de los ecosistemas coralinos mesofóticos, a través del proceso de gestión integral de los recursos ambientales marinos.

**Artículo 2.** Se consideran referentes para la presente Propuesta:

- I.** Distribución potencial de los ecosistemas coralinos mesofóticos en el golfo de México y Caribe mexicano.
- II.** Estrategias de manejo y conservación vigentes en las áreas en las que la Nación ejerce su jurisdicción.

- III. Estudio diagnóstico sobre el nivel de conocimiento presente en especialistas y personal de instituciones gubernamentales.
- IV. Principios bioéticos de responsabilidad y precaución o precautorio.
- V. Plan Nacional de desarrollo 2013 – 2018.
- VI. Legislación nacional vigente en materia de medio ambiente.
- VII. Acuerdos internacionales vigentes de los que los Estados Unidos Mexicanos es firmante.

**Artículo 3.** Para los efectos de esta Propuesta se entiende por:

- I. **CONABIO:** Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- II. **CONANP:** Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- III. **CONAPESCA:** Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.
- IV. **ECM:** Ecosistemas Coralinos Mesofóticos.
- V. **Evaluación de impacto ambiental.** Procedimiento a través del cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras o actividades que puedan causar algún desequilibrio ecológico con el fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente.
- VI. **INAPESCA:** Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura.
- VII. **INECC:** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- VIII. **Información.** Cualquier dato escrito, visual o en cualquier formato de que dispongan las autoridades con relación a los Ecosistemas Coralinos Mesofóticos.
- IX. **Instrumentos económicos.** Mecanismos normativos y administrativos de carácter fiscal, financiero, de mercado o salarial, mediante los cuales las personas asumen los beneficios y costos relacionados con la conservación de los ecosistemas marinos, principalmente los arrecifes y los ECM.
- X. **Ley:** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- XI. **PROFEPA:** Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.
- XII. **SAGARPA:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- XIII. **SCT:** Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- XIV. **Secretaría:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- XV. **SEDENA.** Secretaría de la Defensa Nacional.
- XVI. **SSP:** Secretaría de Salud Pública.
- XVII. **SEMAR:** Secretaría de Marina.
- XVIII. **SEMARNAT:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

### **DISTRIBUCIÓN DE COMPETENCIAS Y COORDINACIÓN**

**Artículo 4.** La Federación ejercerá sus atribuciones en materia de aprovechamiento sostenible, preservación y restauración de los ECM, de conformidad con la distribución de competencias prevista en la Ley y en otros ordenamientos legales.

**Artículo 5.** Son atribuciones de la Federación:

- I.** La formulación de la política nacional sobre arrecifes y, principalmente, ecosistemas coralinos mesofóticos.
- II.** La aplicación de la presente propuesta y la regulación de las acciones para el uso, aprovechamiento, preservación y restauración de los arrecifes y ECM que se realicen en las zonas de jurisdicción nacional.
- III.** La atención de cualquier asunto que afecte a los arrecifes o los ECM.
- IV.** La expedición de las políticas públicas mexicanas en las materias previstas en la presente Propuesta, así como sus respectivas reformas, las cuales deben de plantearse en un periodo menor a cinco años, de acuerdo a los términos previstos en la Ley Federal de Metrología y Normalización.
- V.** La vigilancia del cumplimiento y la aplicación de la presente Propuesta.
- VI.** La participación en la prevención y control de emergencias y contingencias en materia de lo expuesto en la presente Propuesta y en otros ordenamientos legales.
- VII.** El establecimiento, modificación, regulación, administración y vigilancia de las estrategias enfocadas al manejo y conservación de los arrecifes y, principalmente, los ECM. Para esto, se deberá justificar detalladamente dichos procesos y se deberá tomar en cuenta a todas las personas y actividades que se desarrollen en las zonas donde se pretenda establecer o modificar alguna estrategia.
- VIII.** La formulación, aplicación y evaluación de programas de ordenamiento ecológico marino y la evaluación del impacto ambiental de obras o actividades. Para ello, deberá consultar al Consejo Nacional de Arrecifes.
- IX.** La regulación, control y prevención de contaminantes hidrológicos provenientes de cualquier tipo de fuentes emisoras.
- X.** La regulación de actividades relacionadas con la exploración, explotación y extracción de minerales, sustancias químicas, hidrocarburos o cualquier otro tipo de elementos que puedan dañar a los ecosistemas marinos.
- XI.** La difusión de la información e importancia de los ecosistemas marinos con el objetivo de generar una eficiente participación ciudadana en materia ambiental.
- XII.** La generación de Reporte Nacional de Arrecifes y su puesta a disposición al público.
- XIII.** La expedición de recomendaciones a autoridades, instituciones, entidades y público en general, con el propósito de promover el cumplimiento de las legislaciones.
- XIV.** Las demás que esta Propuesta u otras disposiciones legales atribuyan a la Federación.

**Artículo 6.** Las atribuciones que esta Propuesta confiere a la Federación, serán ejercidas por el Poder Ejecutivo Federal a través de la Secretaría y, en su caso, podrán colaborar con ésta los órganos descentralizados como PROFEPA, SEMAR, SEDENA, CONANP, CONAPESCA, INAPESCA, INECC, CONABIO y SCT cuando por la naturaleza de la situación así se requiera,

salvo en los casos en que por disposición expresa en la legislación nacional corresponda directamente al Presidente de la República.

**Artículo 7.** Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, en conjunto con las dependencias y entidades académicas, integrarán el Consejo Nacional de Arrecifes, el cual será un órgano que se reunirá periódicamente con el propósito de:

- I. Coordinar esfuerzos en materia de la presente Propuesta,
- II. Analizar e intercambiar opiniones con relación a las acciones, programas y problemáticas en la materia,
- III. Evaluar y dar seguimiento a las acciones, programas y problemáticas en la materia y
- IV. Convenir las acciones y formular las recomendaciones pertinentes para la reformulación de la presente Propuesta y las políticas que de esta se deriven.

### **INSTRUMENTOS POLÍTICOS**

**Artículo 8.** Para la formulación, expedición y su posterior reformulación de las políticas públicas, en materia de lo previsto en la presente Propuesta, el Ejecutivo Federal atenderá los siguientes principios:

- I. Los ecosistemas marinos y, principalmente, los arrecifes son patrimonio común de la sociedad.
- II. De los arrecifes y los ECM depende la vida y las actividades productivas del país.
- III. Los arrecifes y los ECM son elementos altamente sensibles a los cambios por lo que deben ser aprovechados de manera sostenible.
- IV. Es responsabilidad de las autoridades, los particulares y, en general, de toda la población, el proteger y conservar, los arrecifes, los ECM y sus procesos biológicos.
- V. Todo aquel que realice actividades o acciones que afecten a los arrecifes o los ECM está obligado a reparar los daños, así como asumir los costos que implique dicha afectación.
- VI. Toda persona física o moral que proteja o promueva un aprovechamiento sostenible de los arrecifes y los ECM debe recibir algún tipo de incentivo.
- VII. La responsabilidad respecto a los arrecifes y los ECM comprende las condiciones y acciones presentes, así como las que permitirán las condiciones de vida de las generaciones futuras.
- VIII. La prevención de las situaciones que generan presión sobre los arrecifes y los ECM, es el principal medio para evitar desequilibrios y pérdidas.
- IX. El aprovechamiento de todos los recursos que proveen los arrecifes y los ECM debe de realizarse de tal manera no se comprometa su existencia.
- X. La colaboración entre dependencias y entidades de la administración pública, entidades académicas y sociedad en general es indispensable para lograr la eficiencia de las medidas y acciones propuestas.

- XI.** El empoderamiento social es la estrategia principal para lograr un eficiente desarrollo sostenible.
- XII.** La relación humano-naturaleza debe de ser reforzada y reorientada de la mejor manera.
- XIII.** Toda persona tiene derecho a un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.
- XIV.** Garantizar para todas las comunidades el uso y aprovechamiento sostenible de los arrecifes y los ECM.
- XV.** Buscar fuentes alternativas de empleo que permitan la erradicación de la pobreza.
- XVI.** Permitir la participación de todas las personas sin importar su raza, sexo, género, religión, educación, clase social o edad.
- XVII.** Las actividades desarrolladas dentro del territorio nacional no deben de afectar el equilibrio de otros países.
- XVIII.** La educación es el principal medio para valorar los arrecifes y los ECM, así como prevenir su deterioro y pérdida.
- XIX.** Toda la información científica debe fungir como referente para la implementación de cualquier tipo de medida o acción.
- XX.** Ante la generación de nueva información científica relevante, se tienen que modificar y adaptar las políticas públicas.
- XXI.** La falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación de los arrecifes, los ECM, sus procesos biológicos y su diversidad biológica.
- XXII.** Ante cualquier situación, principalmente ante la falta de información o certeza científica, se debe recurrir e implementar el enfoque expuesto por el principio precautorio.

**Artículo 9.** En el desarrollo, formulación y contenido de los ordenamientos marinos y sus respectivos programas se deberá seguir lo establecido en el Artículos 20 Bis 6 y 7 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en otros ordenamientos legales vigentes.

### **INSTRUMENTOS ECONÓMICOS**

**Artículo 10.** La Federación, en el ámbito de sus respectivas competencias, diseñará, desarrollará y aplicará instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento del objetivo propuesto en la presente política pública, esto con el propósito de promover un cambio en la conducta de las personas con respecto al aprovechamiento y cuidado de los ecosistemas, principalmente los ecosistemas marinos; fomentar la incorporación de información valiosa y confiable; promover las acciones de protección, preservación y restauración de los ecosistemas; generar una mayor equidad social y reducir las faltas o violaciones a la presente Propuesta.

**Artículo 11.** Para lograr los objetivos del presente apartado, además de los fondos federales, la Federación, a través del Consejo Nacional de Arrecifes, buscará y pondrá a disposición de la sociedad las posibles fuentes de financiamiento dentro de la iniciativa privada.

**Artículo 12.** Se consideran prioritarias, para el otorgamiento de los instrumentos económicos, las actividades relacionadas con la investigación científica y tecnológica, la divulgación y, en general, todas aquellas actividades enfocadas al manejo sostenible de los recursos marinos.

**Artículo 13.** La asignación de los instrumentos económicos estará a cargo del Consejo Nacional de Arrecifes, quien establecerá el proceso de selección, el cual debe desarrollarse de manera clara, transparente y debidamente justificada.

**Artículo 14.** En caso de existir alguna inconformidad con el proceso de selección, se podrá manifestar dicha inconformidad en los cinco días hábiles posteriores a la publicación de los resultados. Para lo cual un grupo de tres personas, independientes al Consejo Nacional de Arrecifes reevaluará el proceso y emitirá su veredicto en los diez días hábiles posteriores.

### **INSTRUMENTOS AMBIENTALES**

**Artículo 15.** Toda persona física o moral que pretenda llevar a cabo alguna actividad en las zonas donde se ubiquen arrecifes o ECM deberá solicitar a la Secretaría la autorización correspondiente, de acuerdo con lo establecido en la Sección V de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

**Artículo 16.** Cuando se pretenda hacer uso de equipos o tecnologías específicas en algún arrecife o ECM, los interesados deberán solicitar la aprobación de la SEMARNAT cuando dichas acciones involucren especies registradas en alguna categoría de riesgo a nivel nacional o internacional, o en su defecto de la SAGARPA, a través de la CONAPESCA, si las especies objetivo no se encuentran clasificadas dentro de alguna categoría de riesgo.

Para tal situación, los interesados anexarán a su solicitud las razones que justifique tal situación. Una vez recibida la propuesta, la Secretaría contará con 20 días hábiles para dictar la respectiva resolución. En caso de que no se emita dicha resolución en el plazo señalado, se considerará que ésta es favorable.

**Artículo 17.** La Secretaría, en coordinación con las entidades descentralizadas y académicos, con experiencia en el tema, promoverá y desarrollará un reporte sobre el estado que guardan los arrecifes y los ECM del país.

Dicho reporte será elaborado cada cinco años y será publicado en el Diario Oficial de la Federación previo al inicio del proceso de reformulación de la presente Propuesta.

**Artículo 18.** Se promoverá la incorporación de temas relacionados con el desarrollo sostenible, el cuidado al medio ambiente y la reducción, mitigación y adaptación a factores causantes de

desequilibrios ecológicos, en los diversos niveles educativos. Esto con el fin de crear y fomentar valores en los niños y jóvenes.

**Artículo 19.** Las instituciones de enseñanza e investigación que cuenten, en su mapa curricular, con líneas afines al Manejo, Protección, Restauración y Conservación de recursos marinos, en conjunto con la Secretaría de Educación Pública, tendrán la obligación de generar especialistas capaces de desarrollar programas que fomenten la prevención, restauración, conservación y protección de los ecosistemas marinos, principalmente, los arrecifes y los ECM.

**Artículo 20.** La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en conjunto con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, se encargará de capacitar, adiestrar y proporcionar empleo en materia de protección al ambiente, restauración y preservación de ecosistemas y manejo sostenible de los recursos.

**Artículo 21.** Periódicamente se desarrollarán talleres y campañas para concientizar a las comunidades circundantes y a la población en general sobre la importancia de los arrecifes y los ECM, generar un aprovechamiento sostenible de los mismos y, en general, crear una relación armónica entre el ser humano y la naturaleza.

**Artículo 22.** La Federación favorecerá la participación de los medios de comunicación en el fortalecimiento de relación armónica entre la sociedad y el ambiente.

**Artículo 23.** El Gobierno fomentará la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, enfocada a prevenir, controlar y abatir las problemáticas ambientales actuales y futuras.

**Artículo 24.** Con el fin de preservar y restaurar los ECM del país y de dar cumplimiento a los acuerdos internacionales de los que el Estado es firmante, se establecerán zonas sujetas a régimen especial, de acuerdo a lo previsto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y los demás ordenamientos aplicables.

**Artículo 25.** Para la preservación de la flora y fauna silvestre presente en los arrecifes y en los ECM, se aplicará lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Asimismo, y con base en el Reporte realizado por el Consejo Nacional de Arrecifes, se incluirán o modificarán las categorías de riesgo de las especies marinas presentes en estos ecosistemas, tal es el caso de los corales, las algas, las esponjas, entre otras especies y grupos.

**Artículo 26.** Corresponde a la Federación y a la sociedad asegurar el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas marinos y el equilibrio de sus elementos.

**Artículo 27.** La exploración, explotación, aprovechamiento y administración de los recursos acuáticos vivos y no vivos, se sujetará a lo que establecen Ley General del Equilibrio Ecológico y

Protección al Ambiente, la Ley de Pesca, las normas oficiales mexicanas, el Código de Conducta de Pesca Responsable de la FAO y las demás disposiciones aplicables.

**Artículo 28.** En función de lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, corresponde al Estado y la sociedad establecer las medidas y acciones necesarias para prevenir y controlar la contaminación de las aguas marinas.

**Artículo 29.** Para el control y prevención de contaminantes en las aguas marinas, la SEMARAT y la SAGARPA, a través de la CONAPESCA, desarrollarán un manual de aplicación de medidas ante diferentes escenarios, el cual deberá ser actualizado conforme se cuente con mayor información científica y mejores tecnologías.

### **INSTRUMENTOS SOCIALES**

**Artículo 30.** La Federación incluirá, sin excepción alguna, la participación social en todos los procesos relacionados con el uso, aprovechamiento, cuidado, protección y restauración de los arrecifes y los ECM.

**Artículo 31.** La SEMARNAT y la SAGARPA, a través de la CONAPESCA, en conjunto con entidades académicas, desarrollará talleres para capacitar a las personas en el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.

**Artículo 32.** La Federación, a través de la Secretaría, fomentará el empoderamiento de las capacidades sociales en materia de cuidado y protección al ambiente costero y marino.

Lo anterior con el fin de asegurar una eficiente aplicación de la presente Propuesta y demás ordenamientos legales, así como reducir las faltas y violaciones a los mismos.

**Artículo 33.** El Estado establecerá un órgano de consulta disponible para todos los grupos sociales con el fin de responder dudas, proporcionar información y, principalmente, integrar a la sociedad en los procesos políticos ambientales.

**Artículo 34.** Toda persona que reciba o haga uso de la información publicada y administrada por la Federación, la Secretaría o cualquier otro órgano o entidad, será responsable de su utilización, por lo que responderá por los daños o perjuicios que pudiese ocasionar. Asimismo, deberá de apegarse a los estándares establecidos en la Ley Federal del Derecho de Autor.

### **MEDIDAS DE CONTROL, SEGURIDAD Y SANCIONES**

**Artículo 35.** Por los servicios que proporciona y de acuerdo con lo establecido en la Ley General del Cambio Climático, los arrecifes, incluidos los ECM, son ecosistemas prioritarios para la preservación y conservación, por lo que es necesario implementar medidas para asegurar su integridad.

**Artículo 36.** La Secretaría, a través de la SAGARPA, la SEMAR y la PROFEPA, vigilará, inspeccionará y, en su caso, impondrá las sanciones correspondientes cuando se cometa una falta, omisión o violación a la presente Propuesta.

**Artículo 37.** Cuando exista riesgo eminente de daños graves o irreversibles a la salud, al equilibrio ecológico o a la biodiversidad marina, la Secretaría, justificadamente, podrá ordenar la aplicación de las medidas de seguridad que considere necesarias, siempre y cuando las medidas no representen un riesgo mayor.

**Artículo 38.** Cualquier persona, física o moral, que pretenda defender los ecosistemas marinos no está obligada a demostrar que determinada acción afecta los ecosistemas, por el contrario, es quien ejecuta la acción “posiblemente” lesiva, quien debe demostrar que el ecosistema no se está viendo alterado negativamente o que se han tomado las medidas preventivas necesarias para evitar el daño.

**Artículo 39.** Las violaciones, faltas u omisiones a la presente Propuesta y las disposiciones que de ella emanen serán sancionadas por la Secretaría a través de la PROFEPA, la SAGARPA y la CONAPESCA, con la aplicación de la multa correspondiente, la suspensión del permiso otorgado y el encarcelamiento de los responsables.

**Artículo 40.** Para la asignación de los montos de las multas se considerará la gravedad de la infracción, la intención y los valores establecidos por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**Artículo 41.** Lo establecido en el artículo anterior, no exime de las responsabilidades establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, el Código Penal Federal y otros ordenamientos legales.

**Artículo 42.** Los ingresos que resulten de la aplicación de las sanciones anteriormente mencionadas, serán administrados por el Consejo Nacional de Arrecifes y se destinarán a acciones enfocadas al manejo y conservación de los ecosistemas marinos.

**Artículo 43.** En todo lo no establecido en esta Propuesta de Política Pública se aplicará lo establecido en las leyes nacionales, las normas oficiales mexicanas, los convenios internacionales y en cualquier otro ordenamiento legal vigente.

## REFERENCIAS

- AIDA (Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente). 2015. La protección de los arrecifes de coral en México: Rescatando la biodiversidad marina y sus beneficios para la humanidad. AIDA. San Francisco, California. 40 pp.
- Arellano-Gault, D. y F. Blanco. 2013. Políticas públicas y democracia. Instituto Federal Electoral. Ciudad de México, México. 63 pp.

- Baker, E. K., K. A. Puglise y P. T. Harris. 2016. Mesophotic coral ecosystems. A lifeboat for coral reefs? UNEP. Arendal, Nairobi and Arendal. 98 pp.
- Bowdery, C., H. Rodríguez, E. Speights, A. Xu y S. Yeh. 2014. Guía de buenas prácticas de regulación para la protección de arrecifes de coral. Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente. San Francisco, California, Estados Unidos de América. 78 pp.
- Hinderstein, L. M., J. C. A. Marr, F. A. Martínez, A. M. J. Dowgiallo, K. A. Puglise, R. L. Pyle y R. Appeldoorn. 2010. Theme section on mesophotic coral ecosystems: Characterization, ecology and management. *Coral Reefs* 29: 247-251.
- Patrón-Soberano, K. 2008. Apreciación del valor de la conservación de la biodiversidad: el caso de los arrecifes coralinos de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de maestría. Colegio de la Frontera Norte. CICESE. Tijuana, Baja California, México. 146 pp.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente). 2006. In the front line: Shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. UNEP. World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, United Kingdom. 37 pp.
- Puglise, K. A., L. M. Hinderstein, J. C. A. Marr, M. J. Dowgiallo y F. A. Martinez. 2009. Mesophotic coral ecosystems research strategy: International Workshop to prioritize research and management needs for mesophotic coral ecosystems. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 98 and OAR OER 2. Silver Spring, Montgomery, Maryland. 24 pp.
- Quiroga, V. I., E. Góngora, F. L. González, T. Magala-Velásquez, A. M. Galeano, D. A. Sánchez y J. A. Sánchez. 2015. Arrecifes coralinos mesofóticos: descubriendo aspectos clave de la vida coralina en las zonas del crepúsculo. *Hipótesis, Apuntes Científicos Uniandinos* 18: 42-53.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2007. Carta de la Tierra. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Morelia, Michoacán, México. 31 pp.
- Wilkinson, C. 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network. Reef and Rainforest Research Centre. Townsville, Australia. 296 pp.