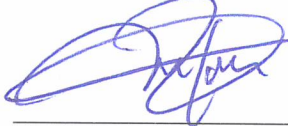


DICTAMEN TÉCNICO No. 4

Arrecifes de coral del Golfo de México y Caribe mexicano

2016

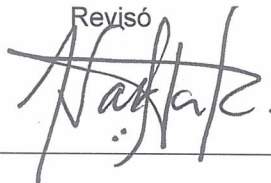
Elaboró



Mtro. Marco Antonio Cota
Valdivia

Director General de
Exploración y Extracción
de Hidrocarburos

Revisó



Lic. Fernando Ruiz Nasta

Titular de la Unidad de
Políticas de Exploración y
Extracción de Hidrocarburos

Aprobó



Dra. María de Lourdes
Melgar Palacios

Subsecretaria de
Hidrocarburos

Contenido

Ficha Técnica	4
Introducción	5
I. Arrecifes coralinos en el Golfo de México y Caribe mexicano	6
II. Superficie, polígono de delimitación georreferenciado y representación cartográfica del área.	8
III. Descripción del área propuesta para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda.	10
IV. Descripción de los recursos del subsuelo contenidos en el área propuesta.	14
V. Las causas que justifican la incorporación de la Zona de Salvaguarda.	18
VI. Análisis Costo-Beneficio.....	19
<i>Resultado del análisis</i>	21
VII. Conclusión.....	22
 ANEXO 1	 24
ANEXO 2	34
ANEXO 3	41
Referencias.....	43

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas extremas del área propuesta.....	8
Tabla 2. Descripción general de la Zona de Salvaguarda propuesta.....	10
Tabla 3. Arrecifes coralinos en Áreas Naturales Protegidas.....	11
Tabla 4. Campos en Arrecifes de coral.....	14
Tabla 5. Arrecifes de coral en Provincias Petroleras.....	15
Tabla 6. Biomas y valuación de sus servicios ecosistémicos.....	19
Tabla 7. Estimación de los valores monetarios anuales relativos de los servicios ecosistémicos del área propuesta.....	21
Tabla 8. Vértices y coordenadas de la Zona de Salvaguarda.....	24

Índice de mapas

Mapa 1. Arrecifes de coral y Provincias Petroleras.....	9
Mapa 2 Arrecifes coralinos y Áreas Naturales Protegidas.....	12
Mapa 3. Provincias Petroleras de México.....	40

Ficha Técnica	
Área propuesta	Arrecifes de coral
Ubicación	Zona marina, territorio insular y territorio costero del Golfo de México y Caribe mexicano
Extensión	6,172.04 km²
Entidades Federativas	Veracruz Campeche Yucatán Quintana Roo
Provincias Petroleras	Golfo de México Profundo Tampico Misantla Veracruz Cuenca del Sureste Plataforma de Yucatán
Campos petroleros	Arrecife Medio
	Isla de Lobos



Introducción

La reforma constitucional en materia de energía, promulgada el 20 de diciembre de 2013, transformó el marco normativo e institucional del sector energético relativo a la exploración y extracción de hidrocarburos. El diseño actual del sector hidrocarburos representa una oportunidad para promover el uso eficiente y sustentable de los recursos naturales, al mismo tiempo que el desarrollo económico de México.

De acuerdo con los artículos 41 y 42, fracción I, de la Ley de Hidrocarburos corresponde a la Secretaría de Energía (SENER) proponer al Titular del Ejecutivo Federal el establecimiento de Zonas de Salvaguarda, definidas como las áreas de reserva en las que el Estado prohíbe la exploración y extracción de hidrocarburos. La incorporación o desincorporación de áreas específicas a las Zonas de Salvaguarda estará fundada en los dictámenes técnicos respectivos.

Asimismo, la Ley de Hidrocarburos establece que la incorporación o desincorporación de áreas específicas a las Zonas de Salvaguarda debe fundarse en los dictámenes técnicos que emite la SENER con el apoyo técnico de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (en lo sucesivo CNH). Según el artículo 61 del Reglamento de la Ley de Hidrocarburos, los dictámenes técnicos deberán contener la localización y descripción del área propuesta y las causas que justifican su incorporación o desincorporación. Entre las causas, el Reglamento especifica las siguientes:

- a) La administración eficiente de los recursos del subsuelo en el tiempo y cumplimiento de la política pública en materia energética;
- b) La evaluación de la disponibilidad de tecnología para la eficiente Extracción de Hidrocarburos, y
- c) El cumplimiento con la política económica, social, cultural y ambiental.

Este dictamen técnico evalúa la incorporación de los *Arrecifes de coral en el Golfo de México y Caribe mexicano* a las Zonas de Salvaguarda. La causa que justifica la incorporación de estas áreas es el cumplimiento con la política ambiental, en términos del artículo 61, fracción II, inciso c, del Reglamento de la Ley de Hidrocarburos.

El área propuesta abarca todos los arrecifes de coral localizados dentro de las Provincias Petroleras Golfo de México Profundo, Cuenca del Sureste, Tampico-Misantla y Plataforma de Yucatán y los localizados en el Caribe mexicano.

I. Arrecifes coralinos en el Golfo de México y Caribe mexicano

De los ecosistemas mexicanos, los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas que albergan la mayor cantidad de biodiversidad marina. Los arrecifes coralinos son estructuras marinas de carbonato de calcio, resistentes al oleaje y compuestas por esqueletos de los organismos hermatípicos o constructores arrecifales.¹

En México, el número de corales formadores de arrecifes (corales duros) es de aproximadamente 60 especies, lo cual representa de 8 a 10% de todas las conocidas en el mundo.² La zona con mayor riqueza de corales duros es el Caribe mexicano y el Golfo de México.

En México los arrecifes de coral se pueden regionalizar en tres zonas: la costa Pacífico (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca), las costas de Veracruz y Campeche y la costa oriental de la Península de Yucatán (desde isla Contoy, Xcalak hasta Banco Chinchorro).³ En esta última, el Caribe contiene parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo: "el arrecife mesoamericano".

En la actualidad hay información insuficiente sobre la ubicación y delimitación de los arrecifes coralinos en el Pacífico mexicano, por lo cual esta propuesta de Zona de Salvaguarda únicamente considera los arrecifes de coral localizados en la zona conjunta del Golfo de México y del Caribe mexicano.

La superficie total de arrecifes coralinos en esta zona es de 1,243.72 km², de los cuales 26% es de tipo atolón de barrera, 22% costero continental, 20% plataforma continental, 18% parche de atolón, 8% parche continental, 4% costero insular y 1% de otro tipo.⁴

Para la delimitación de la Zona de Salvaguarda se sumó 2,000 metros (2 km) a la superficie total de los arrecifes coralinos en el Golfo de México y el Caribe mexicano como una zona de amortiguamiento.

Por lo anterior, la superficie total de la Zona de Salvaguarda suma **6,172.04 km²**. La totalidad de la superficie propuesta para Zona de Salvaguarda se encuentra en Provincias Petroleras: Tampico-Misantla, Veracruz, Sureste y Plataforma de Yucatán, respectivamente.

Los arrecifes coralinos se proponen como áreas para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda porque son hábitats de biodiversidad marina que previenen la erosión costera, disminuyen la fuerza del oleaje, fungen como protección ante tormentas tropicales y huracanes, son fijadores naturales de carbono y son lugares de crianza, refugio, alimentación y reproducción de muchas especies de invertebrados y vertebrados, incluyendo especies comerciales. Además, los arrecifes de coral se encuentran funcionalmente relacionados con los ecosistemas de manglar y los ecosistemas lagunares costeros, ya que participan en los ciclos de vida de diversos organismos acuáticos y en la calidad del agua de los ecosistemas.⁵

¹ Instituto Nacional de Ecología (INECC), "Conservación y uso sustentable de los arrecifes en México", <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/272/conservacion.html>, consultado el 18 de abril de 2016.

² CONABIO, "Arrecifes", <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.html>, consultado el 18 de abril de 2016.

³ CONABIO, "Arrecifes", <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.html>, consultado el 18 de abril de 2016.

⁴ El archivo SHP que se utilizó para medir la superficie y tipo de arrecife coralino fue UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2010), *Global distribution of warm-water coral reefs*, compilado de múltiples fuentes, incluido el Millennium Coral Reef Mapping Project. Versión 1.3, que incluye contribuciones de IMaRS-USF y IRD (2005), IMaRS-USF (2005) y Spalding *et al.* (2001), Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. Disponible en: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>, consultado el 18 de abril de 2016.

⁵ *Loc. cit.*

En México no hay regulaciones específicas a corales, y más bien su protección se encuentra distribuida en distintas leyes, como la Ley General de Vida Silvestre (art. 60 TER) y la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Aun así, la NOM-022-SEMARNAT-2003 que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de la zona costera y humedales establece la obligación del Estado de proteger los arrecifes de coral y la NOM-059-SEMARNAT-2010 enlista especies de coral en condición de riesgo o bajo algún régimen de protección, como el coral negro (*Antipathes bichitoea*, *Antipathes grandis*, *Antipathes ulex*) y el coral blando (*Plexaurella dichotoma*, *Plexaura homomalla*), así como otra flora y fauna que habita los arrecifes coralinos.

Los arrecifes de coral son parte vital de los ecosistemas marinos que se encuentran amenazados por enfermedades relacionadas con el aumento de la temperatura de la superficie marina, la contaminación, la alteración y remoción de especies de corales y pastos y por la introducción de especies invasoras,⁶ así como por impactos físicos ocasionados por la extracción y exploración de hidrocarburos, la instalación de estructuras en el suelo marino (plataformas, anclas, tuberías, cables), descargas durante el proceso de perforación y la liberación accidental o intencional de fluidos de perforación.⁷

Al ser estos ecosistemas de importancia nacional e internacional por los servicios ecosistémicos que proveen y por su capital natural, se proponen como áreas para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda.

⁶ United Nations Environmental Protection (UNEP), "Biodiversity: Warm-water coral reef", <http://biodiversityz.org/content/warm-water-coral-reef>, consultado el 18 de abril de 2016.

⁷ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "Coral Reef Conservation Program: Threats to Deep-sea Corals", <http://coralreef.noaa.gov/deepseacorals/threats/>, consultado el 18 de abril de 2016.

II. Superficie, polígono de delimitación georreferenciado y representación cartográfica del área.

La superficie total de la Zona de Salvaguarda propuesta es de **6,172.04 km²**. La delimitación de la Zona de Salvaguarda comprende los arrecifes coralinos del Golfo de México y del Caribe mexicano en territorio nacional.⁸ Por lo tanto, la Zona de Salvaguarda está compuesta de varios polígonos distribuidos a lo largo del territorio marino mexicano, los vértices y coordenadas se detallan en el Anexo 1.

La delimitación del polígono toma como referencia las zonas continentales y marítimas de influencia de las Provincias Petroleras Tampico-Misantla, Veracruz, Sureste y Plataforma de Yucatán.

Las coordenadas extremas del área propuesta son las siguientes:

Tabla 1. Coordenadas extremas del área propuesta.

Coordenadas extremas	
Longitud	Latitud
97° 17' 06.06"	23° 29' 19.19"
86° 19' 09.90"	18° 07' 02.00"

Fuente: UNEP *et al.*, *Global distribution of warm-water coral reefs*, 2010.

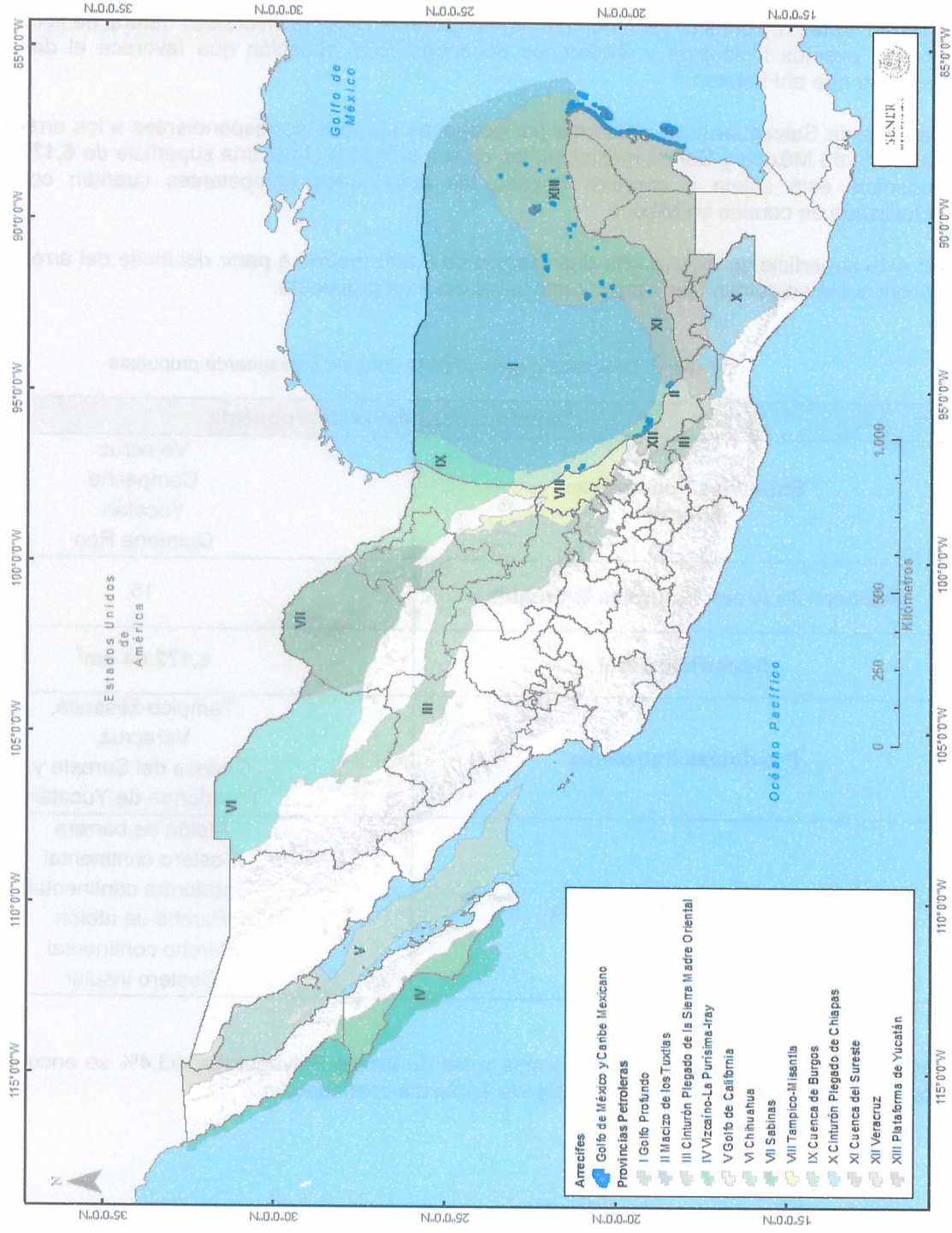
El mapa 1 a continuación ilustra los arrecifes coralinos del Golfo de México y el Caribe mexicano.

⁸ El análisis se basa en el archivo SHP siguiente: UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2010), *Global distribution of warm-water coral reefs*, compilado de múltiples fuentes, incluido el Millennium Coral Reef Mapping Project. Versión 1.3, que incluye contribuciones de IMaRS-USF y IRD (2005), IMaRS-USF (2005) y Spalding *et al.* (2001), Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. Disponible en: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>, consultado el 18 de abril de 2016.





Mapa 1. Arrecifes de coral y Provincias Petroleras.



III. Descripción del área propuesta para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda.

El área propuesta se localiza en cinco ecorregiones marinas: Plataforma del Golfo de México, Plataforma del Caribe Mesoamericano, Talud del Caribe Mesoamericano, Cuenca de Yucatán y Cadena Montañosa Caimán. Estas regiones poseen riqueza ambiental no sólo por la diversidad natural de flora, sino también por los eventos biológicos y fenómenos oceanográficos, situación que favorece el desarrollo de las especies que ahí habitan.⁹

La Zona de Salvaguarda se conforma por polígonos aislados correspondientes a los arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe mexicano, los cuales suman en total una superficie de **6,172.04 km²**. Esta superficie está sujeta a cambios cuando las autoridades competentes cuenten con un catastro actualizado de corales en México

En esta superficie se incluye una delimitación de 2,000 metros a partir del límite del arrecife coralino. A continuación se detallan los rasgos principales del área propuesta:

Tabla 2. Descripción general de la Zona de Salvaguarda propuesta.

Características del área propuesta	
Entidades Federativas (litoral)	Veracruz Campeche Yucatán Quintana Roo
Número de Áreas Naturales Protegidas	15
Superficie Total	6,172.04 km²
Provincias Petroleras	Tampico-Misantla, Veracruz, Cuenca del Sureste y Plataforma de Yucatán
Tipo de arrecife coralino	Atolón de barrera Costero continental Plataforma continental Parche de atolón Parche continental Costero insular

Del área total propuesta para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda, 63.4% se encuentra en Áreas Naturales Protegidas, como se detalla en la Tabla 3 a continuación.

⁹ CONANP, *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida. Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano*, México, 2016, pp. 21-71.

Handwritten signature

Tabla 3. Arrecifes coralinos en Áreas Naturales Protegidas.

No.	Nombre del Área Natural Protegida (ANP)	Categoría de ANP	Superficie de arrecife coralino (km ²)
1	Arrecife Alacranes	Parque Nacional	324.66
2	Arrecife de Puerto Morelos	Parque Nacional	33.39
3	Arrecifes de Cozumel	Parque Nacional	28.43
4	Arrecifes de Sian Ka'an	Reserva de la Biosfera	22.90
5	Arrecifes de Xcalak	Parque Nacional	43.53
6	Banco Chinchorro	Reserva de la Biosfera	285.07
7	Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc	Parque Nacional	34.43
8	Isla Contoy	Parque Nacional	8.84
9	La porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel	Área de Protección de Flora y Fauna	46.46
10	Los Tuxtlas	Reserva de la Biosfera	0.8
11	Playa de la Isla Contoy	Parque Nacional	0.08
12	Sian Ka'an	Reserva de la Biosfera	180.62
13	Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan	Área de Protección de Flora y Fauna	13.61
14	Sistema Arrecifal Veracruzano	Parque Nacional	43.08
15	Tiburón Ballena	Reserva de la Biosfera	0.35
Total			1,066.26

Fuente: CONANP, Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018, México, 2014.

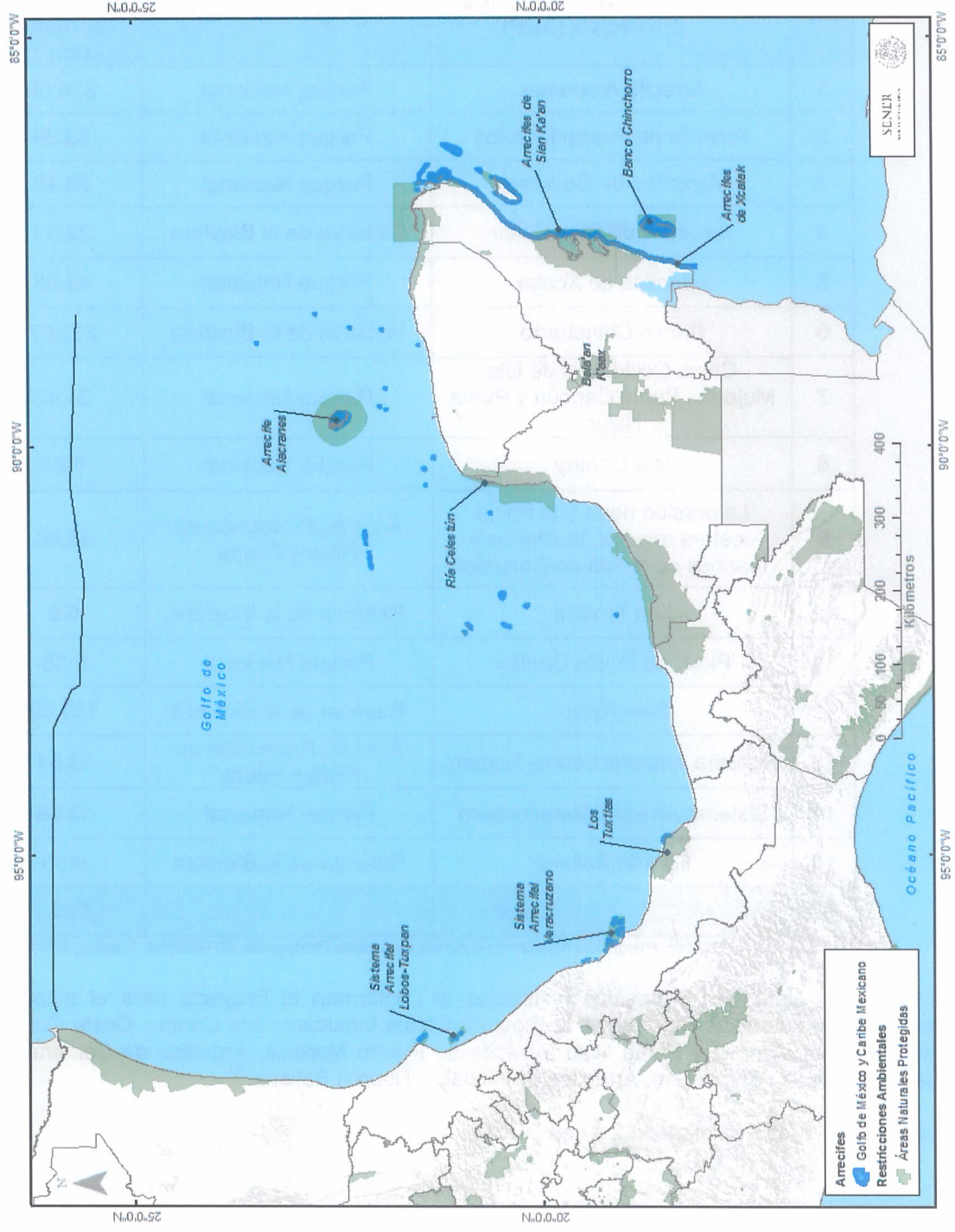
De las Áreas Naturales Protegidas enlistadas, 8 conforman el Proyecto para el establecimiento de nuevas áreas protegidas Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano: Isla Contoy, Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizu, Arrecife de Puerto Morelos, Arrecifes de Cozumel, Arrecifes de Sian Ka'an, Banco Chinchorro, Arrecifes de Xcalak y Tiburón Ballena.¹⁰

Lo anterior se ilustra en el mapa 2 a continuación.

¹⁰ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), *Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano*, México, abril 2016.



Mapa 2 Arrecifes corallinos y Áreas Naturales Protegidas.



Handwritten signature

Regiones de arrecifes coralinos del Golfo de México y Caribe mexicano

La Zona de Salvaguarda propuesta contiene hábitats de especies clasificadas bajo algún régimen de protección o amenazadas, como la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta Caretta*), los cocodrilos de pantano (*Crocodylus moreletti*) y el cocodrilo de río (*Crocodylus acutus*), además del coral negro (*Antipathes bichitoea*, *Antipathes grandis*, *Antipathes ulex*) y el coral blando (*Plexaurella dichotoma*, *Plexaura homomalla*), así como otra flora y fauna que habita los arrecifes coralinos.

Los arrecifes localizados en la Plataforma del Golfo de México son los contenidos en y colindantes a las ANP Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan y el Sistema Arrecifal Veracruzano, así como los arrecifes cercanos a la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas. Los sistemas arrecifales en el Golfo de México están compuestos de varias formaciones de arrecifes e islas. En estos arrecifes coralinos se encuentran distintas especies de corales blandos y duros como Cuerno de alce, (*Acropora palmata*), Cuerno de ciervo, (*Acropora cervicornis*), coral cerebro (*Diploria sp.*), coral montañoso (*Montastrea cavernosa*) Coral estrella (*Siderastrea Sideraea*).¹¹ Asociados a los arrecifes coralinos hay una diversidad importante de organismos de grupos tales como equinodermos, moluscos, crustáceos, peces, poliquetos, quelonios, esponjas y algunos mamíferos marinos como el delfín o tonina (*Tursiops truncatus*).¹²

En la parte sur de la Plataforma del Golfo de México, en los litorales del estado de Yucatán y Campeche, se localizan formaciones arrecifales de coral desde la Sonda de Campeche, en frente de la Laguna de Términos, hasta el Parque Nacional Arrecife Alacranes y los arrecifes cercanos, localizados frente a la costa de Yucatán. En esta zona se ubica también la barrera coralina del Banco de Campeche, que comprende Arrecife Arenas, Cayo Arcas, isla Bajo Obispo, Arrecife Triángulos y arrecifes sumergidos como Banco Nuevo, Banco Pera, Banco Obispo, Banco Ingleses.¹³ Esta zona tiene gran diversidad biológica y un potencial pesquero importante. Además, en esta zona hay presencia de ballena piloto, delfines, tortuga blanca, tortuga caguama, tortuga carey, distintas especies de rayas, pastos marinos, pez papagayo, arlequín, cardenal, pez mariposa, pez chivito, lenguado arenero, por mencionar algunas.

Los arrecifes de coral que pertenecen al Caribe mexicano comprenden la barrera de coral más grande del hemisferio occidental y la segunda más grande del mundo. Esta barrera se extiende a lo largo de 1,000 km de costas desde Quintana Roo en México hasta las costas de Belice y Guatemala.¹⁴ La belleza escénica y de paisaje convierte a las costas colindantes al sistema arrecifal en el principal destino turístico de México y además de ser una de las áreas con mayor biodiversidad en el país. En estos arrecifes habitan más de 500 especies de peces, poblaciones de manatíes, tortugas marinas, rayas caracol, langosta, de las mayores agregaciones de tiburón ballena, pastos marinos, mangles, corales, entre otros taxones.¹⁵

La protección de estos arrecifes de coral y sistemas arrecifales es importante no sólo para la conservación de las especies, sino porque además en esta zona se presentan eventos biológicos de trascendencia mundial como la anidación de tortugas y sitios de agregación y distribución de tiburones y mantarrayas.¹⁶

¹¹ CONANP, "PN Sistema Arrecifal Veracruzano", <http://regiongolfodemexico.conanp.gob.mx/sistemarrecifal.php#.VxpmOfnhCUK>, y CONANP, "APFF Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan", <http://regiongolfodemexico.conanp.gob.mx/lobos.php#.Vxpj7PnhCUK>, consultados el 22 de abril de 2016

¹² Loc. cit.

¹³ CONABIO, *Peces Bentónicos y Demersales de la Sonda de Campeche: sur del Golfo de México*, México, 2014.

¹⁴ World Wildlife Fund (WWF), "Arrecife Mesoamericano", http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/arrecife_mesoamericano/, consultado el 22 de abril de 2016.

¹⁵ Loc. cit.

¹⁶ CONANP, "...Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, op. cit., pp. 81-92.



IV. Descripción de los recursos del subsuelo contenidos en el área propuesta.

En la Zona de Salvaguarda propuesta hay dos campos no documentados: Arrecife Medio e Isla Lobos, que a su vez se encuentran dentro del Área Natural Protegida Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan.

Ambos campos reportan un Volumen Original Remanente 2P de 39.64 Millones de barriles de petróleo crudo equivalente (Mmbpce) y en enero de 2016 ninguno de los dos campos reportó producción.

Su producción acumulada es 22.5 Millones de barriles (MMb) de aceite 1P y 5.81 Miles de Millones de pies cúbicos (MMMpc) de gas. En total, los dos campos reportaron una producción acumulada de 23.67 MMBpce.

En la tabla a continuación se muestra un resumen de lo anterior:

Tabla 4. Campos en Arrecifes de coral.

No.	Campo	Volumen Original Remanente PCE (Mmbpce)			Producción acumulada Aceite (MMb)	Producción acumulada Gas (MMMpc)	Producción acumulada PCE (MMbpce)
		1P	2P	3P	1P		
1	Arrecife Medio	2.75	2.75	2.75	0.02	0.01	0.02
2	Isla de Lobos	36.89	36.89	36.90	22.49	5.80	23.65
Total		39.64	39.64	39.65	22.5	5.81	23.67

Fuente: PEMEX Exploración y Producción, Base de datos de reservas, 2015.

En los arrecifes de coral no hay oportunidades exploratorias, sin embargo, alrededor de los arrecifes de coral sí. Sobre todo en la zona marítima de la Provincia Petrolera Plataforma de Yucatán, alrededor del Área Natural Protegida Parque Nacional Arrecife Alacranes y en el Banco de Campeche.

Además, las áreas correspondientes a los arrecifes de coral del Golfo de México y del Caribe mexicano, reportan un recurso prospectivo de 12.51 Mmbpce, el cual se calculó con base en la información por play y Provincia Geológica.¹⁷

Los arrecifes coralinos se encuentran en las zonas marítimas y litorales de las Provincias Petroleras de Tampico-Misantla, Veracruz, Macizo de los Tuxtlas, Cuenca del Sureste y Plataforma de Yucatán. Todas estas provincias son productoras o cuentan con reservas, salvo la Plataforma de Yucatán que se clasifica como una Provincia Petrolera de potencial medio-bajo.¹⁸

En la tabla siguiente se detalla el tipo de Provincia Petrolera en la que se encuentran los arrecifes coralinos:

¹⁷ Para el cálculo de los recursos convencionales no documentados se utilizó el factor adimensional que consiste en la relación del volumen del hidrocarburo en el play entre la superficie de interés.

¹⁸ PEMEX, *Provincias Petroleras de México*, México, 2013.



Tabla 5. Arrecifes de coral en Provincias Petroleras.

No.	Provincia Petrolera	Estado	Superficie de arrecife de coral (km ²)**	Tipo de Provincia Petroleras
1	Tampico-Misantla	Tamaulipas, Veracruz	13.61	Productoras y/o con Reservas
2	Veracruz, Macizo de los Tuxtlas	Veracruz	55.86	Productoras y/o con Reservas
3	Cuenca del Sureste	Veracruz, Campeche	0.23	Productoras y/o con Reservas
4	Plataforma de Yucatán*	Campeche, Quintana Roo, Yucatán	1,612.96	De potencial medio-bajo
Total			1,682.66	

* A la Provincia Petrolera Plataforma de Yucatán se le agregaron los arrecifes de coral que se encuentran en el Caribe mexicano en el cálculo de la superficie.

** Estas superficies consideran únicamente un *buffer* de 100 metros que se agrega a la superficie de arrecifes de coral.

Fuente: PEMEX, Provincias Petroleras de México, México, 2013.

Las cuatro Provincias Petroleras que contienen a los arrecifes de coral propuestos para incorporarse a las Zonas de Salvaguarda tienen características propias. A continuación se detalla cada una de estas Provincias Petroleras (ver Anexo 2 para una descripción general de todas las Provincias Petroleras de México):

1) Tampico-Misantla

Se localiza en el oriente de México y comprende el extremo sur del estado de Tamaulipas hasta la parte central del estado de Veracruz, porciones orientales de San Luis Potosí, Hidalgo, norte de Puebla y la plataforma continental hasta la isobata de 200 metros.

Roca Generadora

Corresponde al Jurásico y se compone de lutitas, lutitas carbonosas y mudstones calcáreo-arcillosos, comprendiendo las formaciones Santiago, Tamán y Pimienta, del Oxfordiano, Kimmeridgiano y Titoniano; respectivamente. Adicionalmente, en la porción centro occidental de esta provincia se presentan lutitas carbonosas de la Formación Huayacocotla con materia orgánica precursora de gas y condensado de submadura a sobremadura.

Roca Almacén

Representado primordialmente por un conjunto de areniscas turbidíticas del Paleocañón Chicontepec, las cuales se encuentran constituyendo trampas principalmente estratigráficas. También se tienen brechas carbonatadas de pie de talud correspondientes a la Formación Tamabra.

Otras rocas representativas son: La Formación el Abra, representada por carbonatos de plataforma con alta karstificación, conformando trampas estratigráficas por paleorelieve depositacional; la Formación San Andrés, compuesta por calizas oolíticas de borde de plataforma que conforman trampas estratigráficas y combinadas; La Formación Tamaulipas Inferior, compuesta por carbonatos de cuenca fracturados dispuestos en trampas estructurales; y Las Formaciones San Felipe y Agua Nueva,



conformadas de calizas de cuenca naturalmente fracturadas, dispuestas en trampas estructurales. Adicionalmente, en la extensión marina de esta provincia se tienen areniscas terciarias y carbonatos mesozoicos, que contienen actualmente la proporción mayor de los recursos prospectivos de esta provincia.

Trampas

Estructurales, estratigráficas y combinadas, asociadas al basamento.

2) Veracruz

Se encuentra en el oriente de México y está comprendida principalmente en el estado de Veracruz, extendiéndose hacia la plataforma continental del Golfo de México. De acuerdo a sus características actuales, la provincia de Veracruz se puede subdividir en dos sub-provincias:

1) Frente Tectónico Sepultado.- localizado al occidente y caracterizándose por yacimientos de aceite y gas amargo en calizas cretácicas plegadas y cabalgadas.

2) Cuenca Terciaria de Veracruz.- Abarca la mayor parte de esta provincia y está caracterizada por yacimientos principalmente de gas seco en rocas siliciclásticas del Mioceno-Plioceno.

Roca Generadora

En la Provincia de Veracruz se tienen tres intervalos generadores probados:

- 1) El Jurásico Superior.- Contiene predominantemente kerógeno tipo II, con entrada a la ventana de generación en el Cretácico Tardío-Paleoceno y con generación principal de gas en el Eoceno-Oligoceno, agotándose en el Mioceno.
- 2) El Cretácico Inferior y parte del Cretácico Superior.- Contiene kerógeno tipo II, encontrándose actualmente dentro de la ventana de generación de aceite y gas, con entrada a la ventana de aceite en el Paleoceno- Eoceno, alcanzando la zona de gas en el Mioceno-Plioceno.
- 3) El Mioceno.- Contienen materia orgánica inmadura y ha generado el gas biogénico que se encuentra almacenado en rocas del Mioceno Superior-Plioceno Inferior.

Los hidrocarburos termogénicos migraron hacia las facies almacenadoras a lo largo de fallas profundas, discordancias y planos de estratificación, mientras que el gas biogénico ha tenido una migración más localizada cargando a las areniscas adyacentes a las rocas generadoras.

Roca Almacén

Se constituye de areniscas de sistemas turbidíticos del Mioceno y Plioceno. En la parte correspondiente al Frente Tectónico Sepultado de la Sierra Madre Oriental, la roca almacén está representada por carbonatos de margen de plataforma, correspondientes a la Formación Orizaba y por brechas carbonatadas de las Formaciones San Felipe y Méndez, las cuales se encuentran plegadas, conformando trampas estructurales laramídicas.

Trampas

Del tipo estratigráfico y combinadas en estructuras neógenas y estructurales laramídicas.

3) Sureste

Esta es la provincia productora de aceite más importante del país. Se localiza en el sureste de México, quedando comprendida en su parte terrestre principalmente en el estado de Tabasco, parte norte de Chiapas, occidente de Campeche y el extremo sureste de Veracruz, extendiéndose hacia la actual plataforma continental de esta región del Golfo de México.

Con base en origen y características geológicas actuales, la Provincia del Sureste se subdivide en 3 subprovincias, cada una con estilos estructurales propios:

Cuenca de Macuspana.- Esta cuenca se formó a principios del Mioceno Medio, por efectos de transtensión producida a lo largo del límite con la plataforma de Yucatán. Se caracteriza por fallas lístricas del Mioceno-Plioceno Temprano de orientación noreste-suroeste e inclinación al noroeste con anticlinales de *roll-over* asociados a la evacuación de arcillas del Oligoceno y sal en la porción marina, fallas lístricas del Plioceno Tardío-Pleistoceno con orientación noreste-suroeste e inclinación hacia el sureste y anticlinales alargados y apretados asociados a la inversión de las fallas lístricas miocénicas durante el Mioceno Medio-Tardío y Plio-Pleistoceno.

Pilar Reforma-Akal.- Corresponde a un bloque de rocas mesozoicas, el cual se desplazó hacia el noroeste con la apertura de la Cuenca de Macuspana y que posteriormente fue truncado con la apertura de la Cuenca de Comalcalco en el Plioceno. Se caracteriza por pliegues y cabalgaduras de edad miocénica y orientación noroeste-sureste que afectan rocas mesozoicas y del Paleógeno, con niveles de despegue en horizontes arcillosos y evaporíticos del Oxfordiano y Calloviano y vergencia hacia el noreste. Los pliegues están localmente afectados por almohadillas y diapiros de sal, fallas normales con caída tanto al este como al oeste y fallas lístricas con inclinación al noroeste y orientación norte-sur y noreste-suroeste del Plioceno.

Provincia Salina del Istmo.- Esta subprovincia, que incluye la sub-cuenca de Comalcalco, se caracteriza por la presencia de sal jurásica que se dispone en forma de diapiros, paredes, lengüetas y toldos de sal que afectan la columna mesozoica y cenozoica suprayacente y cuya evacuación dio lugar a la formación de cuencas, tales como la cuenca de Comalcalco, y minicuevas en las que los sedimentos terciarios conforman sinclinales. Las rocas mesozoicas y paleógenas presentan pliegues y cabalgaduras con dirección noreste-suroeste y vergencia hacia el noroeste, mientras que en el Terciario se presentan fallas lístricas con inclinación al noroeste y fallas lístricas contra-regionales con inclinación al sureste.

Roca Generadora

Se han reconocido cinco horizontes generadores principales:

- I. En el Oxfordiano.- Correspondiente a calizas arcillosas de rampa externa y cuenca.
- II. En el Titoniano.- Representado por calizas arcillosas, las cuales han alimentado a los principales yacimientos de la provincia.
- III. En el Cretácico.- Caracterizado por calizas arcillosas de cuenca.
- IV. En el Eoceno Medio.- Conformado por lutitas bentoníticas calcáreas.

En el Oligoceno Inferior y Mioceno.- Compuesto de lutitas, las cuales son de importancia en zonas con mayor gradiente geotérmico y mayor sepultamiento como la Cuenca de Macuspana, en donde además se ha generado gas biogénico y probablemente por craqueo secundario.

Roca Almacén

Representada por areniscas deltaicas, barras costeras y turbidíticas del Mioceno y Plioceno; además de brechas del Cretácico Superior y calizas oolíticas del Jurásico Superior. Existen también otras facies almacenadoras tales como areniscas de cuarzo y calizas arcillosas del Jurásico Superior, calizas fracturadas de plataforma del Cretácico y calcarenitas del Eoceno.

Trampas

Los hidrocarburos se encuentran atrapados principalmente en los anticlinales producidos por la inversión estructural, *roll-overs* y en trampas estratigráficas por cambio de facies, además de tener trampas combinadas y asociadas a la tectónica salina.

4) Plataforma de Yucatán

Abarca la plataforma continental y la península de Yucatán, se extiende hasta Guatemala y Belice.

Roca Generadora

Se representa por los carbonatos de la Formación Cobán, de edad Aptiano-Cenomaniano (Cretácico Inferior- Cretácico Superior).

Roca Almacén

Corresponde a rocas carbonatadas del Cretácico.

Trampas

Son descritas como estructurales sutiles y estratigráficas.

V. Las causas que justifican la incorporación de la Zona de Salvaguarda.

De acuerdo con los artículos 41 y 42, fracción I, de la Ley de Hidrocarburos, corresponde a la SENER proponer al Titular del Ejecutivo Federal el establecimiento de Zonas de Salvaguarda. Al respecto, el artículo 61 del Reglamento, señala que la SENER, con apoyo técnico de la CNH, emitirá los dictámenes técnicos en los que debe considerar los elementos siguientes:

1. Localización y descripción detallada de la Zona de Salvaguarda.
2. **Causas que justifican la incorporación** o desincorporación de las Zonas de Salvaguarda:
 - a) La administración eficiente de los recursos del subsuelo en el tiempo y cumplimiento de la política pública en materia energética.
 - b) La evaluación de la disponibilidad de tecnología para la extracción eficiente de hidrocarburos.
 - c) **El cumplimiento con la política** económica, social, cultural y **ambiental**.
3. Las demás que determine la SENER.

En el presente dictamen técnico se desarrolla la propuesta de incorporación de los *Arrecifes de coral en el Golfo de México y Caribe mexicano* como una medida que apoya el cumplimiento de la política ambiental al procurar la preservación y conservación de los ecosistemas de la Nación.

Política Ambiental

En el país, el marco jurídico se compone por distintos instrumentos legales que regulan la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y medioambientales. Esta legislación parte del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que se establece que la propiedad de las tierras y aguas en el territorio nacional corresponde a la nación, misma que determinará las medidas necesarias para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

La legislación en esta materia incluye a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental, la Ley General de Vida Silvestre, el Reglamento para el Uso y Aprovechamiento del Mar Territorial, Vías Navegables, Playas, Zona Federal Marítimo Terrestre y Terrenos Ganados al Mar, y la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, entre

otras, que en conjunto regulan la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales marinos del país. En particular, los ecosistemas coralinos son considerados zonas de conservación y aprovechamiento restringido o prohibido y que contienen especies bajo algún régimen de protección. En caso de violentar algún ordenamiento jurídico en materia ambiental, el Código Penal Federal prevé sanciones correspondientes.

El artículo 32 bis de la *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal* (LOAPF) establece que corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) formular y conducir la política nacional en materia de recursos naturales y medio ambiente. Asimismo, la *Ley General de Vida Silvestre* (LGVS) regula la política nacional en materia de vida silvestre y su hábitat.

La protección del área propuesta mediante su incorporación a las Zonas de Salvaguarda coadyuva al fortalecimiento de las políticas gubernamentales enfocadas a la preservación de los ecosistemas y el medio ambiente con el valor agregado de integrar un enfoque de política energética. Con ello, la SENER procura que el aprovechamiento de los recursos del subsuelo en el país sea coherente con la política ambiental y la conservación de los recursos naturales del país.

VI. Análisis Costo-Beneficio.

El análisis costo-beneficio es una evaluación socioeconómica que mide la relación entre los costos y los beneficios directos e indirectos de realizar un proyecto. Este análisis se utiliza en el presente dictamen técnico como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones sobre la incorporación del área propuesta a las Zonas de Salvaguarda.

En este análisis se comparan los beneficios de incorporar los arrecifes de coral del Golfo de México y Caribe mexicano a las Zonas de Salvaguarda, con los costos de oportunidad que implica prohibir la exploración y producción de hidrocarburos en dichas superficies [ver Anexo 3].

Para calcular el monto total de los beneficios ambientales directos e indirectos se utilizó como referencia los valores monetarios de biomas y los servicios ecosistémicos presentados en la investigación de Rudolf de Groot *et al.*¹⁹ En este estudio, el valor promedio monetario se expresa en dólares internacionales por hectárea por año.

Tabla 6. Biomas y valuación de sus servicios ecosistémicos.

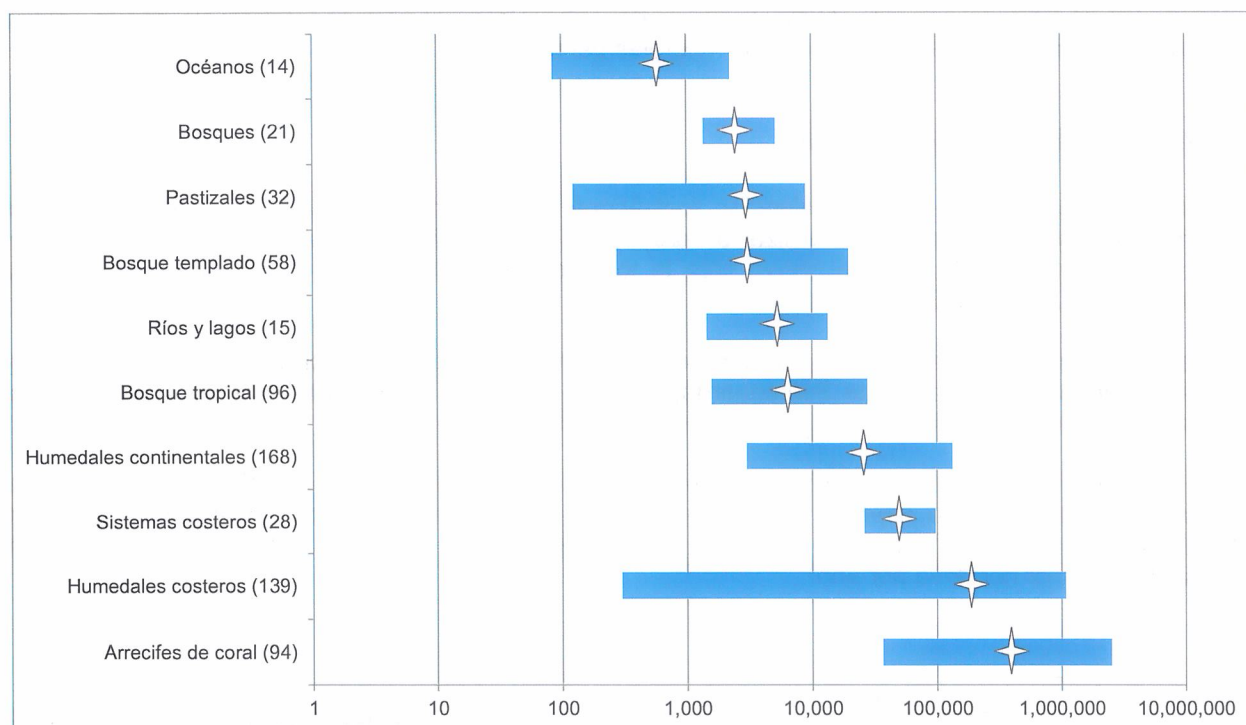
Biomas y los servicios que proveen	Valor promedio (Dólares/hectárea/2007)
Océanos	491
Bosques	1,588
Pastizales	2,871
Bosque templado	3,013
Ríos y lagos	4,267
Bosque tropical	5,264

¹⁹ Rudolf de Groot *et al.*, "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units", *Ecosystem Services*, 1 (2012), pp. 55-56.

Biomás y los servicios que proveen	Valor promedio (Dólares/hectárea/2007)
Humedales continentales	25,682
Sistemas costeros	28,917
Humedales costeros	193,845
Arrecifes de coral	352,915

Fuente: Rudolf de Groot *et al.*, "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units", *Ecosystem Services*, 1 (2012).

Gráfica 1. Estimación monetaria de los servicios que proveen los ecosistemas.



Nota: El número en paréntesis representa el total de estudios que estimaron la valuación de los biomás. Las columnas representan el valor mínimo y máximo registrado en los estudios, en tanto que la estrella representa el promedio del rango de valores de cada bioma. Fuente: R. de Groot *et al.*

De acuerdo con este estudio, los arrecifes de coral son los biomás con la valuación relativa más alta y los océanos con la menor por hectárea. Respecto a la variación entre los valores mínimo y máximo, se observa que los humedales costeros son el bioma con mayor variación, mientras que los bosques y sistemas costeros registraron rangos reducidos de variación.

La estimación en términos monetarios únicamente tiene la finalidad de asignar un valor relativo a los servicios que proporcionan los ecosistemas para contribuir a la toma de decisiones, por lo tanto no refleja precios de mercado ya que se trata de un ejercicio que no expresa con exactitud el valor intangible de los ecosistemas que son, entre otros: la herencia cultural, apreciación estética, valores religiosos y culturales y su interrelación con otros ecosistemas.

Los arrecifes de coral proveen servicios ambientales como ser zonas de alta productividad de especies comerciales, exportan nutrientes a los sistemas aledaños, protege la costa de la erosión, protección a ciudades y comunidades de huracanes y tormentas tropicales, proveen fuentes de alimento y fertilizantes, participan en la absorción de carbono, en la mitigación del cambio climático y en la oxigenación del agua, contribuyen a la generación de conocimiento científico, son atractivos turísticos y recreativos, y contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad marina al ser hábitats de especies protegidas como tortugas marinas en peligro de extinción, tiburones, langostas, esponjas marinas y miles de especies de peces y algas.

Al estimar el valor en unidades monetarias de los servicios ecosistémicos, en el área propuesta, se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 7. Estimación de los valores monetarios anuales relativos de los servicios ecosistémicos del área propuesta.

Bioma	Valor promedio (US\$/ha/2007)	Superficie (ha)	MMUS\$*/ha/2007	MMUS\$*/ha/2015
Arrecifes de coral	352,915	124,372	43,892.74	49,436.82
TOTAL	-	124,372	43,892.74	49,436.82

* Millones de dólares (MMUS\$)

Fuente: R. de Groot *et al.* 1(2012). y UNEP *et al.*, *Global distribution of warm-water coral reefs*, 2010.

La estimación en términos monetarios únicamente tiene la finalidad de asignar un valor relativo a los ecosistemas y a sus servicios para la toma de decisiones, ya que se trata de un ejercicio que no expresa con exactitud el valor intangible de los ecosistemas. Por esta razón, la estimación es útil solo como una herramienta de análisis y no para definir precios de mercado.

Al valor de los servicios ambientales se agregan los beneficios intangibles que, entre otros, son:

- Conocimiento científico, arqueológico y antropológico,
- Legado histórico,
- Protección de especies,
- Contribución al equilibrio del ciclo de carbono,
- Riqueza cultural de la región,
- Belleza del paisaje,
- Recreación e
- Identidad.

Respecto al costo de oportunidad, dentro del área propuesta se localizan dos campos petroleros: Arrecife Medio e Isla Lobos. En conjunto ambos campos reportaron un volumen original remanente 2P de 39.64 Mmbpce, aunque no se cuenta con información sobre sus reservas respectivas (1P, 2P y 3P). Además, en el área propuesta se reporta un recurso prospectivo de 12.51 Mmbpce.

Si estimamos para el valor del crudo solamente del Volumen Original Remanente y asumimos un factor de recuperación de 40 por ciento, se estaría produciendo aproximadamente 15.86 millones de barriles de petróleo crudo equivalente en total. Los cuales, a un precio de 100 dólares por barril, equivalen a un valor de 1,586 millones de dólares, esto sin considerar los costos de extracción, o el valor descontado en el tiempo, en función del número de años en los que se estarían extrayendo estos recursos. El valor de los servicios ecosistémicos en el área propuesta triplica en un año el valor que se estima extraer de hidrocarburos. Aun sin Salvaguarda, estos dos campos se encuentran en una ANP, por lo que no van a ser consideradas para Asignaciones o Licitaciones futuras. Este es el caso de más de 68% del área propuesta para Zona de Salvaguarda.

Resultado del análisis

Este análisis muestra que los beneficios de incorporar el área propuesta a las Zonas de Salvaguarda son significativamente mayores a los beneficios que implicaría producir los potenciales hidrocarburos localizados en el subsuelo de las áreas propuestas y descritas previamente. Los valores de las características ambientales hacen viable la actual propuesta de incorporar el área como Zona de Salvaguarda.

Si bien existen condiciones favorables para la acumulación de hidrocarburos, éstas no han ocurrido en cantidades comerciales que permitan desarrollar las actividades de exploración y extracción con mayor intensidad en el área propuesta y además, al tratarse de un área tan pequeña, no causa inconvenientes a la política energética nacional evitar dichas áreas en proyectos futuros.

Adicionalmente, es importante considerar las condiciones actuales de la industria, como la existencia de recursos estratégicos en otras provincias petroleras del país (plays, yacimientos y campos) que representan mayor certidumbre sobre su desarrollo y rentabilidad comercial.

Las razones principales que dan origen a esta propuesta de Zona de Salvaguarda fundamentadas en este dictamen técnico son:

1. El cumplimiento con la política ambiental.

Como resultado, este análisis muestra los beneficios de incorporar el área propuesta a las Zonas de Salvaguarda, las características de los ecosistemas y los servicios ambientales asociados, los cuales dan cuenta de la importancia de los arrecifes de coral en México. Si bien existen reservas de hidrocarburos documentadas que se localizan en el área propuesta, éstas son pocas y México cuenta con recursos estratégicos y oportunidades de aprovechamiento de hidrocarburos suficientes en otras áreas que permiten el desarrollo sustentable del país.²⁰

Además es importante considerar que los hidrocarburos, si bien representan beneficios para el país como una fuente de recursos públicos que pueden materializarse en una serie de proyectos de beneficio social, son recursos no renovables que se agotan en el tiempo. En cambio, los beneficios que prestan los ecosistemas pueden perdurar a lo largo del tiempo bajo condiciones adecuadas, generando beneficios económicos y sociales, al tiempo que preservan el equilibrio ecológico.

VII. Conclusión.

Los arrecifes de coral proveen múltiples servicios ecosistémicos que se traducen en beneficios sociales y económicos para el país. Éstos también proporcionan beneficios intangibles como la cultura, el conocimiento científico y antropológico, la recreación, el paisaje, la identidad, entre otros asociados a las áreas donde se localizan.

El beneficio principal de su incorporación a las Zonas de Salvaguarda es su preservación como capital ambiental y la protección frente a posibles daños asociados a las actividades de extracción y exploración de hidrocarburos, ya que hay costos indirectos asociados a la extracción de hidrocarburos, como daños del suelo marino y de corales o vegetación marina, erosión, contaminación y riesgos por accidentes.

²⁰ SENER, *Plan Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos: 2015-2019*, México, 2015.

Incorporar las áreas de arrecifes de coral del Golfo de México y Caribe mexicano a las Zonas de Salvaguarda permitirá su protección ante las actividades de hidrocarburos que pueden causar daños en los corales y en la vegetación marina. Además, esta área de arrecifes coralinos (Golfo de México y Caribe mexicano) es la que se encuentra dentro de Provincias Petroleras, donde pueden ocurrir cantidades comerciales de hidrocarburos o existen las condiciones favorables para su acumulación, por lo cual se estaría salvaguardando el área que pudiera resultar más afectada por las actividades de este sector.

Por lo tanto, la incorporación de estas áreas a las Zonas de Salvaguarda coadyuvará a reforzar la protección de los arrecifes de coral en el área de mayor actividad petrolera, así como contribuirá a las acciones hacia su conservación. Con esta propuesta, la SENER procura el cumplimiento de la política ambiental y la congruencia de la política energética con el desarrollo sustentable del país.

ANEXO 1

Tabla 8. Vértices y coordenadas de la Zona de Salvaguarda.

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
1	1	86° 42' 30"	20° 37' 30"
	2	86° 44' 00"	20° 29' 00"
	3	86° 56' 00"	20° 16' 00"
	4	87° 00' 30"	20° 14' 30"
	5	87° 02' 30"	20° 16' 30"
	6	87° 03' 00"	20° 23' 00"
	7	86° 57' 00"	20° 34' 00"
	8	86° 54' 00"	20° 35' 00"
	9	87° 00' 00"	20° 24' 30"
	10	87° 00' 00"	20° 17' 30"
	11	86° 49' 00"	20° 27' 30"
	12	86° 45' 00"	20° 34' 00"
	13	86° 45' 00"	20° 37' 00"

La delimitación de la superficie del Arrecife No. 2 está comprendido por dos polígonos (P1 y P2). Las coordenadas geográficas del P1 hacen referencia a la delimitación del arrecife y las coordenadas del P2, quedan excluidas de la superficie total.

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
2 (P1)	1	87° 17' 30"	18° 48' 00"
	2	87° 12' 00"	18° 43' 00"
	3	87° 12' 00"	18° 39' 00"
	4	87° 14' 30"	18° 33' 30"
	5	87° 17' 00"	18° 32' 00"
	6	87° 16' 30"	18° 28' 00"
	7	87° 19' 00"	18° 23' 30"
	8	87° 24' 00"	18° 21' 30"
	9	87° 27' 30"	18° 27' 00"
	10	87° 26' 30"	18° 37' 00"
	11	87° 22' 00"	18° 46' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
2 (P2)	1	87° 24' 30"	18° 27' 30"
	2	87° 23' 30"	18° 25' 00"
	3	87° 21' 00"	18° 26' 00"
	4	87° 20' 30"	18° 32' 30"
	5	87° 15' 30"	18° 38' 30"
	6	87° 15' 30"	18° 42' 00"
	7	87° 18' 00"	18° 44' 30"
	8	87° 20' 00"	18° 44' 00"
	9	87° 23' 30"	18° 38' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
3	1	86° 19' 00"	21° 14' 00"
	2	86° 18' 00"	21° 11' 00"

Handwritten signature

	3	86° 21' 30"	21° 00' 00"
	4	86° 26' 00"	20° 57' 30"
	5	86° 27' 30"	21° 03' 30"
	6	86° 21' 30"	21° 13' 00"

La delimitación de la superficie del Arrecife No. 4 está comprendido por dos polígonos (P1 y P2). Las coordenadas geográficas del P1 hacen referencia a la delimitación del arrecife y las coordenadas del P2, quedan excluidas de la superficie total.

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
4 (P1)	1	89° 44' 30"	22° 36' 30"
	2	89° 40' 00"	22° 35' 00"
	3	89° 35' 30"	22° 30' 00"
	4	89° 35' 00"	22° 25' 00"
	5	89° 38' 30"	22° 20' 30"
	6	89° 43' 30"	22° 21' 30"
	7	89° 49' 00"	22° 29' 30"
	8	89° 49' 00"	22° 33' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
4 (P2)	1	89° 46' 30"	22° 31' 30"
	2	89° 42' 00"	22° 25' 30"
	3	89° 39' 00"	22° 26' 30"
	4	89° 39' 30"	22° 29' 30"
	5	89° 42' 30"	22° 32' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
5	1	94° 49' 00"	18° 34' 00"
	2	94° 45' 30"	18° 31' 00"
	3	94° 45' 30"	18° 26' 30"
	4	94° 47' 30"	18° 26' 30"
	5	94° 48' 30"	18° 31' 00"
	6	94° 53' 00"	18° 32' 00"
	7	94° 52' 30"	18° 34' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
6	1	95° 58' 00"	19° 05' 00"
	2	95° 57' 30"	19° 02' 00"
	3	96° 01' 30"	19° 02' 30"
	4	96° 01' 30"	19° 04' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
7	1	96° 07' 00"	19° 15' 00"
	2	96° 06' 00"	19° 10' 30"
	3	96° 04' 00"	19° 09' 30"

	4	96° 04' 30"	19° 07' 30"
	5	96° 08' 30"	19° 10' 00"
	6	96° 09' 00"	19° 14' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
8	1	96° 11' 00"	19° 17' 00"
	2	96° 09' 30"	19° 13' 30"
	3	96° 13' 30"	19° 15' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
9	1	87° 25' 30"	19° 20' 30"
	2	87° 24' 30"	19° 18' 00"
	3	87° 30' 30"	19° 12' 00"
	4	87° 31' 30"	19° 03' 30"
	5	87° 36' 00"	18° 55' 30"
	6	87° 38' 00"	18° 46' 30"
	7	87° 41' 30"	18° 41' 30"
	8	87° 44' 00"	18° 25' 00"
	9	87° 48' 00"	18° 17' 00"
	10	87° 47' 30"	18° 08' 00"
	11	87° 48' 30"	18° 06' 00"
	12	87° 50' 30"	18° 06' 00"
	13	87° 51' 00"	18° 17' 30"
	14	87° 46' 30"	18° 25' 30"
	15	87° 43' 30"	18° 44' 00"
	16	87° 41' 00"	18° 46' 30"
	17	87° 39' 30"	18° 54' 30"
	18	87° 34' 00"	19° 05' 00"
	19	87° 33' 30"	19° 13' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
10	1	96° 17' 30"	19° 24' 00"
	2	96° 17' 00"	19° 21' 30"
	3	96° 19' 00"	19° 21' 30"
	4	96° 19' 30"	19° 23' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
11	1	96° 18' 00"	19° 30' 30"
	2	96° 17' 00"	19° 27' 00"
	3	96° 19' 00"	19° 26' 30"
	4	96° 20' 00"	19° 29' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
12	1	87° 25' 00"	19° 27' 30"
	2	87° 26' 30"	19° 26' 30"
	3	87° 28' 00"	19° 28' 30"
	4	87° 25' 30"	19° 37' 00"
	5	87° 22' 30"	19° 37' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
-----------------	---------	------------------	-----------------



No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
13	1	86° 56' 30"	20° 47' 30"
	2	86° 56' 00"	20° 43' 30"
	3	87° 16' 00"	20° 25' 30"
	4	87° 26' 00"	20° 08' 00"
	5	87° 26' 30"	20° 00' 30"
	6	87° 23' 30"	19° 55' 30"
	7	87° 25' 00"	19° 48' 30"
	8	87° 22' 30"	19° 45' 00"
	9	87° 23' 00"	19° 43' 00"
	10	87° 25' 00"	19° 43' 00"
	11	87° 27' 00"	19° 47' 30"
	12	87° 29' 00"	19° 48' 00"
	13	87° 26' 30"	19° 53' 30"
	14	87° 29' 30"	20° 00' 00"
	15	87° 29' 30"	20° 06' 00"
	16	87° 27' 00"	20° 13' 00"
	17	87° 18' 00"	20° 27' 30"
	18	87° 06' 00"	20° 36' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
14	1	86° 46' 00"	21° 04' 00"
	2	86° 45' 00"	21° 00' 30"
	3	86° 46' 30"	20° 57' 00"
	4	86° 51' 00"	20° 48' 30"
	5	86° 53' 00"	20° 48' 00"
	6	86° 54' 00"	20° 50' 30"
	7	86° 48' 00"	21° 03' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
15	1	86° 43' 30"	21° 09' 30"
	2	86° 43' 00"	21° 07' 30"
	3	86° 45' 00"	21° 06' 30"
	4	86° 45' 30"	21° 10' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
16	1	87° 18' 30"	18° 47' 00"
	2	87° 18' 30"	18° 44' 00"
	3	87° 16' 00"	18° 44' 00"
	4	87° 16' 00"	18° 41' 30"
	5	87° 13' 30"	18° 41' 00"
	6	87° 13' 30"	18° 37' 00"
	7	87° 18' 30"	18° 31' 30"
	8	87° 19' 30"	18° 24' 30"
	9	87° 23' 30"	18° 22' 30"
	10	87° 27' 00"	18° 28' 00"
	11	87° 26' 00"	18° 37' 00"
	12	87° 23' 30"	18° 42' 30"
	13	87° 21' 00"	18° 44' 00"
	14	87° 21' 30"	18° 46' 00"



No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
17	1	89° 44' 00"	22° 36' 00"
	2	89° 37' 00"	22° 29' 30"
	3	89° 36' 30"	22° 25' 30"
	4	89° 39' 00"	22° 24' 00"
	5	89° 39' 00"	22° 21' 00"
	6	89° 42' 30"	22° 22' 00"
	7	89° 49' 00"	22° 30' 30"
	8	89° 47' 30"	22° 35' 00"
No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
18	1	95° 50' 30"	19° 07' 00"
	2	95° 48' 00"	19° 04' 00"
	3	95° 48' 30"	19° 02' 00"
	4	95° 53' 00"	19° 03' 30"
	5	95° 53' 00"	19° 06' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
19	1	92° 04' 30"	19° 08' 00"
	2	92° 04' 00"	19° 06' 00"
	3	92° 06' 00"	19° 05' 30"
	4	92° 06' 30"	19° 07' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
20	1	95° 56' 00"	19° 08' 30"
	2	95° 54' 30"	19° 07' 00"
	3	95° 54' 30"	19° 02' 00"
	4	95° 58' 30"	19° 04' 30"
	5	96° 01' 00"	19° 04' 00"
	6	96° 00' 30"	19° 07' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
21	1	95° 51' 00"	19° 11' 30"
	2	95° 47' 00"	19° 09' 30"
	3	95° 46' 30"	19° 07' 00"
	4	95° 51' 30"	19° 07' 30"
	5	95° 53' 30"	19° 09' 30"
	6	95° 53' 00"	19° 11' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
22	1	96° 02' 30"	19° 15' 00"
	2	96° 01' 30"	19° 13' 00"
	3	96° 04' 30"	19° 10' 00"
	4	96° 04' 00"	19° 07' 30"
	5	96° 06' 00"	19° 07' 00"
	6	96° 08' 30"	19° 15' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
23	1	87° 26' 30"	19° 26' 00"
	2	87° 26' 30"	19° 24' 00"

	3	87° 29' 00"	19° 23' 30"
	4	87° 28' 30"	19° 26' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
24	1	96° 19' 00"	19° 33' 30"
	2	96° 18' 30"	19° 31' 00"
	3	96° 20' 30"	19° 31' 00"
	4	96° 21' 00"	19° 33' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
25	1	87° 24' 00"	19° 38' 00"
	2	87° 24' 00"	19° 36' 00"
	3	87° 26' 00"	19° 36' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
26	1	87° 24' 30"	19° 42' 30"
	2	87° 24' 00"	19° 41' 00"
	3	87° 26' 00"	19° 40' 00"
	4	87° 26' 30"	19° 42' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
27	1	91° 57' 30"	20° 14' 30"
	2	91° 56' 00"	20° 11' 00"
	3	92° 00' 00"	20° 11' 00"
	4	92° 00' 00"	20° 13' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
28	1	92° 12' 00"	20° 31' 30"
	2	92° 10' 30"	20° 30' 30"
	3	92° 11' 00"	20° 27' 00"
	4	92° 14' 00"	20° 23' 30"
	5	92° 15' 00"	20° 26' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
29	1	91° 49' 00"	20° 33' 00"
	2	91° 47' 00"	20° 31' 00"
	3	91° 48' 00"	20° 28' 00"
	4	91° 50' 30"	20° 27' 30"
	5	91° 54' 00"	20° 29' 30"
	6	91° 52' 00"	20° 33' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
30	1	92° 14' 30"	20° 52' 30"
	2	92° 16' 00"	20° 54' 00"
	3	92° 10' 00"	20° 57' 30"



	4	92° 10' 30"	20° 55' 00"
--	---	-------------	-------------

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
31	1	92° 16' 30"	21° 00' 00"
	2	92° 16' 00"	20° 58' 00"
	3	92° 18' 00"	20° 56' 00"
	4	92° 20' 00"	20° 56' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
32	1	97° 11' 30"	21° 03' 30"
	2	97° 10' 00"	21° 01' 00"
	3	97° 13' 00"	21° 00' 30"
	4	97° 13' 30"	21° 02' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
33	1	97° 15' 30"	21° 10' 00"
	2	97° 14' 30"	21° 03' 30"
	3	97° 16' 30"	21° 04' 00"
	4	97° 18' 00"	21° 08' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
34	1	86° 52' 00"	21° 33' 00"
	2	86° 51' 00"	21° 30' 00"
	3	86° 52' 30"	21° 29' 00"
	4	86° 54' 00"	21° 32' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
35	1	97° 16' 00"	21° 34' 00"
	2	97° 12' 00"	21° 29' 30"
	3	97° 13' 00"	21° 26' 30"
	4	97° 18' 00"	21° 31' 30"
	5	97° 18' 00"	21° 33' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
36	1	91° 26' 30"	22° 08' 00"
	2	91° 26' 00"	22° 05' 30"
	3	91° 31' 30"	22° 05' 30"
	4	91° 31' 00"	22° 07' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
37	1	91° 18' 30"	22° 09' 00"
	2	91° 18' 30"	22° 06' 00"
	3	91° 25' 30"	22° 06' 00"
	4	91° 25' 00"	22° 08' 30"
	5	91° 21' 00"	22° 07' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
38	1	91° 12' 00"	22° 09' 00"
	2	91° 14' 00"	22° 09' 00"
	3	91° 14' 00"	22° 10' 30"
	4	91° 11' 00"	22° 11' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
39	1	91° 05' 00"	22° 12' 00"
	2	91° 02' 00"	22° 10' 00"
	3	91° 06' 30"	22° 08' 30"
	4	91° 10' 30"	22° 10' 00"
	5	91° 09' 30"	22° 12' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
40	1	90° 49' 30"	20° 40' 30"
	2	90° 48' 30"	20° 38' 30"
	3	90° 50' 30"	20° 37' 30"
	4	90° 51' 30"	20° 39' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
41	1	90° 09' 30"	21° 22' 00"
	2	90° 08' 00"	21° 19' 00"
	3	90° 10' 00"	21° 18' 00"
	4	90° 12' 00"	21° 20' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
42	1	90° 29' 30"	21° 27' 30"
	2	90° 28' 30"	21° 25' 30"
	3	90° 30' 30"	21° 24' 30"
	4	90° 31' 30"	21° 26' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
43	1	90° 17' 00"	21° 29' 00"
	2	90° 16' 00"	21° 26' 00"
	3	90° 19' 00"	21° 25' 30"
	4	90° 19' 30"	21° 28' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
44	1	88° 46' 30"	21° 32' 30"
	2	88° 45' 30"	21° 30' 30"
	3	88° 47' 30"	21° 29' 30"
	4	88° 48' 30"	21° 31' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
45	1	89° 33' 30"	21° 56' 30"
	2	89° 32' 30"	21° 54' 30"
	3	89° 35' 00"	21° 53' 30"
	4	89° 35' 30"	21° 56' 00"



No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
46	1	89° 18' 30"	21° 56' 30"
	2	89° 17' 30"	21° 54' 30"
	3	89° 19' 30"	21° 53' 30"
	4	89° 20' 30"	21° 55' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
47	1	88° 35' 00"	21° 59' 30"
	2	88° 34' 00"	21° 57' 30"
	3	88° 36' 00"	21° 56' 30"
	4	88° 37' 00"	21° 58' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
48	1	89° 31' 00"	22° 01' 00"
	2	89° 30' 30"	21° 58' 00"
	3	89° 33' 00"	21° 58' 00"
	4	89° 33' 30"	22° 00' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
49	1	88° 33' 30"	22° 22' 30"
	2	88° 32' 30"	22° 20' 30"
	3	88° 34' 30"	22° 19' 30"
	4	88° 35' 30"	22° 21' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
50	1	88° 23' 30"	22° 47' 30"
	2	88° 22' 30"	22° 45' 30"
	3	88° 24' 30"	22° 44' 30"
	4	88° 25' 30"	22° 46' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
51	1	88° 44' 30"	23° 30' 30"
	2	88° 43' 30"	23° 28' 30"
	3	88° 45' 30"	23° 27' 30"
	4	88° 46' 30"	23° 29' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
52	1	87° 26' 00"	19° 29' 30"
	2	87° 23' 30"	19° 21' 30"
	3	87° 23' 30"	19° 19' 00"
	4	87° 25' 30"	19° 18' 00"
	5	87° 28' 30"	19° 22' 30"
	6	87° 28' 00"	19° 28' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
53	1	87° 25' 30"	19° 49' 00"
	2	87° 23' 00"	19° 45' 00"



	3	87° 22' 30"	19° 35' 30"
	4	87° 25' 30"	19° 36' 00"
	5	87° 26' 00"	19° 42' 30"
	6	87° 28' 30"	19° 46' 00"
	7	87° 27' 30"	19° 49' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
54	1	86° 44' 30"	20° 30' 30"
	2	86° 47' 00"	20° 24' 30"
	3	86° 54' 30"	20° 19' 30"
	4	86° 54' 00"	20° 22' 30"
	5	86° 46' 30"	20° 30' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
55	1	86° 36' 30"	20° 48' 30"
	2	86° 36' 30"	20° 44' 00"
	3	86° 40' 30"	20° 43' 00"
	4	86° 41' 00"	20° 45' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
56	1	86° 50' 30"	20° 52' 00"
	2	86° 51' 00"	20° 47' 30"
	3	86° 58' 00"	20° 42' 30"
	4	86° 58' 30"	20° 46' 00"
	5	86° 57' 00"	20° 48' 00"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
57	1	86° 44' 00"	21° 31' 00"
	2	86° 34' 30"	21° 26' 00"
	3	86° 33' 00"	21° 22' 30"
	4	86° 35' 30"	21° 22' 30"
	5	86° 41' 00"	21° 28' 00"
	6	86° 45' 00"	21° 28' 30"
	7	86° 45' 30"	21° 30' 30"

No. de Arrecife	Vértice	Oeste (Longitud)	Norte (Latitud)
58	1	86° 48' 00"	21° 33' 30"
	2	86° 45' 30"	21° 28' 30"
	3	86° 45' 30"	21° 24' 00"
	4	86° 40' 00"	21° 23' 00"
	5	86° 41' 00"	21° 18' 00"
	6	86° 36' 00"	21° 12' 30"
	7	86° 37' 30"	21° 07' 30"
	8	86° 41' 30"	21° 07' 30"
	9	86° 46' 30"	20° 58' 30"
	10	86° 48' 30"	21° 00' 30"
	11	86° 44' 00"	21° 11' 30"
	12	86° 47' 30"	21° 16' 00"
	13	86° 49' 30"	21° 31' 30"

Handwritten signature

ANEXO 2

Descripción de las Provincias Petroleras:

1) Sabinas-Burro-Picachos

La Cuenca de Sabinas y la parte adyacente del paleo-elemento denominado Península de Tamaulipas, en las que se ha establecido producción principalmente de gas seco, se localizan en la porción noreste del país y cubren partes de los estados de Coahuila y Nuevo León. Desde el punto de vista tectónico, la Cuenca de Sabinas se ha interpretado como un *rift* abortado o aulacógeno asociado a la apertura del Golfo de México.

Roca Generadora

Principalmente, corresponde a las facies arcillo-carbonosas de los miembros inferior y superior de la Formación La Casita, en tanto que las facies arcillo-calcáreas de la Formación La Peña del Aptiano y las facies calcáreo-carbonosas de la Eagle Ford de edad Turoniano- Cenomaniano han contribuido en menor porcentaje a la generación de hidrocarburos.

Adicionalmente, existen capas de carbón depositadas en facies fluviales-deltaicas de las formaciones San Miguel, Olmos y Escondido del Cretácico Superior con un importante potencial minero para la producción de metano asociado a carbón

Roca Almacén

Corresponde a calizas y dolomías de la Formación La Virgen de edad Cretácico; calizas dolomitizadas y dolomías de la Formación Padilla de edad Cretácico y en las areniscas calcáreas fracturadas de la Formación La Casita de edad Kimmeridgiano-Titoniano y La Gloria del Oxfordiano-Kimmeridgiano.

Trampas

Existen del tipo estructural, en pliegues laramídicos de edad Paleoceno-Eoceno, sellados por secuencias de anhidrita y también con componente estratigráfico por cambio de facies o acuífamiento.

La generación de aceite de las rocas jurásicas se produjo durante el Cretácico, cuando todavía no estaban formadas las trampas laramídicas, mientras que la generación de gas ocurrió principalmente en el Paleógeno y continúa en menor proporción hasta la fecha, lo que explica la predominancia de gas seco en los yacimientos.

2) Burgos

La Cuenca de Burgos se considera la principal provincia productora de gas no asociado en el país, se localiza en el noreste de México, abarcando principalmente el estado de Tamaulipas, el extremo oriental de Nuevo León y se extiende costa afuera hacia plataforma continental.

Roca Generadora

Principalmente corresponde a la Formación Pimienta de edad Jurásico Superior, descrita como calizas arcillo-carbonosas y lutitas calcáreo-carbonosas, las cuales contienen materia orgánica tipo II; también se tienen lutitas arenosas de las formaciones Midway y Wilcox, de edad Paleoceno-Eoceno con materia orgánica tipo III y facies arcillosas de la Formación Vicksburg de edad Oligoceno, con materia orgánica tipo III y cantidades subordinadas de tipo II.

Roca Almacén

Está conformada por areniscas de ambientes marinos marginales, correspondientes a los plays Wilcox, Vicksburg y Frío; el resto de los plays establecidos en esta provincia son Midway, Reklaw, Queen City, Cook Mountain, Yegua, Jackson y Anáhuac.

Trampas

De tipo estratigráfico en forma de acúñamientos y cambios de facies. Las rocas sello están representadas por paquetes de facies arcillosas que sobreyacen de manera alternante y cíclica a las facies arenosas.

3) Tampico-Misantla

Se localiza en el oriente de México y comprende el extremo sur del estado de Tamaulipas hasta la parte central del estado de Veracruz, porciones orientales de San Luis Potosí, Hidalgo, norte de Puebla y la plataforma continental hasta la isobata de 200 metros.

Roca Generadora

Corresponde al Jurásico y se compone de lutitas, lutitas carbonosas y mudstones calcáreo-arcillosos, comprendiendo las formaciones Santiago, Tamán y Pimienta, del Oxfordiano, Kimmeridgiano y Titoniano; respectivamente. Adicionalmente, en la porción centro occidental de esta provincia se presentan lutitas carbonosas de la Formación Huayacocotla con materia orgánica precursora de gas y condensado de submadura a sobremadura.

Roca Almacén

Representado primordialmente por un conjunto de areniscas turbidíticas del Paleocañón Chicontepec, las cuales se encuentran constituyendo trampas principalmente estratigráficas. También se tienen brechas carbonatadas de pie de talud correspondientes a la Formación Tamabra.

Otras rocas representativas son: La Formación el Abra, representada por carbonatos de plataforma con alta karstificación, conformando trampas estratigráficas por paleorelieve depositacional; la Formación San Andrés, compuesta por calizas oolíticas de borde de plataforma que conforman trampas estratigráficas y combinadas; La Formación Tamaulipas Inferior, compuesta por carbonatos de cuenca fracturados dispuestos en trampas estructurales; y Las Formaciones San Felipe y Agua Nueva, conformadas de calizas de cuenca naturalmente fracturadas, dispuestas en trampas estructurales. Adicionalmente, en la extensión marina de esta provincia se tienen areniscas terciarias y carbonatos mesozoicos, que contienen actualmente la proporción mayor de los recursos prospectivos de esta provincia.

Trampas

Estructurales, estratigráficas y combinadas, asociadas al basamento.

4) Veracruz

Se encuentra en el oriente de México y está comprendida principalmente en el estado de Veracruz, extendiéndose hacia la plataforma continental del Golfo de México. De acuerdo a sus características actuales, la provincia de Veracruz se puede subdividir en dos sub-provincias:

1) Frente Tectónico Sepultado.- localizado al occidente y caracterizándose por yacimientos de aceite y gas amargo en calizas cretácicas plegadas y cabalgadas.

2) Cuenca Terciaria de Veracruz.- Abarca la mayor parte de esta provincia y está caracterizada por yacimientos principalmente de gas seco en rocas siliciclásticas del Mioceno-Plioceno.

Roca Generadora



En la Provincia de Veracruz se tienen tres intervalos generadores probados:

- 4) El Jurásico Superior.- Contiene predominantemente kerógeno tipo II, con entrada a la ventana de generación en el Cretácico Tardío-Paleoceno y con generación principal de gas en el Eoceno-Oligoceno, agotándose en el Mioceno.
- 5) El Cretácico Inferior y parte del Cretácico Superior- Contiene kerógeno tipo II, encontrándose actualmente dentro de la ventana de generación de aceite y gas, con entrada a la ventana de aceite en el Paleoceno- Eoceno, alcanzando la zona de gas en el Mioceno-Plioceno.
- 6) El Mioceno.- Contienen materia orgánica inmadura y ha generado el gas biogénico que se encuentra almacenado en rocas del Mioceno Superior-Plioceno Inferior.

Los hidrocarburos termogénicos migraron hacia las facies almacenadoras a lo largo de fallas profundas, discordancias y planos de estratificación, mientras que el gas biogénico ha tenido una migración más localizada cargando a las areniscas adyacentes a las rocas generadoras.

Roca Almacén

Se constituye de areniscas de sistemas turbidíticos del Mioceno y Plioceno. En la parte correspondiente al Frente Tectónico Sepultado de la Sierra Madre Oriental, la roca almacén está representada por carbonatos de margen de plataforma, correspondientes a la Formación Orizaba y por brechas carbonatadas de las Formaciones San Felipe y Méndez, las cuales se encuentran plegadas, conformando trampas estructurales laramídicas.

Trampas

Del tipo estratigráfico y combinadas en estructuras neógenas y estructurales laramídicas.

5) Sureste

Esta es la provincia productora de aceite más importante del país. Se localiza en el sureste de México, quedando comprendida en su parte terrestre principalmente en el estado de Tabasco, parte norte de Chiapas, occidente de Campeche y el extremo sureste de Veracruz, extendiéndose hacia la actual plataforma continental de esta región del Golfo de México.

Con base en origen y características geológicas actuales, la Provincia del Sureste se subdivide en 3 sub-provincias, cada una con estilos estructurales propios:

Cuenca de Macuspana.- Esta cuenca se formó a principios del Mioceno Medio, por efectos de transtensión producida a lo largo del límite con la plataforma de Yucatán. Se caracteriza por fallas lítricas del Mioceno-Plioceno Temprano de orientación noreste-suroeste e inclinación al noroeste con anticlinales de *roll-over* asociados a la evacuación de arcillas del Oligoceno y sal en la porción marina, fallas lítricas del Plioceno Tardío-Pleistoceno con orientación noreste-suroeste e inclinación hacia el sureste y anticlinales alargados y apretados asociados a la inversión de las fallas lítricas miocénicas durante el Mioceno Medio-Tardío y Plio-Pleistoceno.

Pilar Reforma-Akal.- Corresponde a un bloque de rocas mesozoicas, el cual se desplazó hacia el noroeste con la apertura de la Cuenca de Macuspana y que posteriormente fue truncado con la apertura de la Cuenca de Comalcalco en el Plioceno. Se caracteriza por pliegues y cabalgaduras de edad miocénica y orientación noroeste-sureste que afectan rocas mesozoicas y del Paleógeno, con niveles de despegue en horizontes arcillosos y evaporíticos del Oxfordiano y Calloviano y vergencia hacia el noreste. Los pliegues están localmente afectados por almohadillas y diapiros de sal, fallas normales con caída tanto al este como al oeste y fallas lítricas con inclinación al noroeste y orientación norte-sur y noreste-suroeste del Plioceno.



Provincia Salina del Istmo.- Esta subprovincia, que incluye la sub-cuenca de Comalcalco, se caracteriza por la presencia de sal jurásica que se dispone en forma de diapiros, paredes, lengüetas y toldos de sal que afectan la columna mesozoica y cenozoica suprayacente y cuya evacuación dio lugar a la formación de cuencas, tales como la cuenca de Comalcalco, y minicuenas en las que los sedimentos terciarios conforman sinclinales. Las rocas mesozoicas y paleógenas presentan pliegues y cabalgaduras con dirección noreste-suroeste y vergencia hacia el noroeste, mientras que en el Terciario se presentan fallas lístricas con inclinación al noroeste y fallas lístricas contra-regionales con inclinación al sureste.

Roca Generadora

Se han reconocido cinco horizontes generadores principales:

- V. En el Oxfordiano.- Correspondiente a calizas arcillosas de rampa externa y cuenca.
- VI. En el Titoniano.- Representado por calizas arcillosas, las cuales han alimentado a los principales yacimientos de la provincia.
- VII. En el Cretácico.- Caracterizado por calizas arcillosas de cuenca.
- VIII. En el Eoceno Medio.- Conformado por lutitas bentónicas calcáreas.

En el Oligoceno Inferior y Mioceno.- Compuesto de lutitas, las cuales son de importancia en zonas con mayor gradiente geotérmico y mayor sepultamiento como la Cuenca de Macuspana, en donde además se ha generado gas biogénico y probablemente por craqueo secundario.

Roca Almacén

Representada por areniscas deltaicas, barras costeras y turbidíticas del Mioceno y Plioceno; además de brechas del Cretácico Superior y calizas oolíticas del Jurásico Superior. Existen también otras facies almacenadoras tales como areniscas de cuarzo y calizas arcillosas del Jurásico Superior, calizas fracturadas de plataforma del Cretácico y calcarenitas del Eoceno.

Trampas

Los hidrocarburos se encuentran atrapados principalmente en los anticlinales producidos por la inversión estructural, *roll-overs* y en trampas estratigráficas por cambio de facies, además de tener trampas combinadas y asociadas a la tectónica salina.

6) Plataforma de Yucatán

Abarca la plataforma continental y la península de Yucatán, se extiende hasta Guatemala y Belice.

Roca Generadora

Se representa por los carbonatos de la Formación Cobán, de edad Aptiano-Cenomaniano (Cretácico Inferior- Cretácico Superior).

Roca Almacén

Corresponde a rocas carbonatadas del Cretácico.

Trampas

Son descritas como estructurales sutiles y estratigráficas.

7) Cinturón Plegado de Chiapas

Se localiza en la porción sureste de la República Mexicana, en el estado de Chiapas y el sureste del estado de Veracruz y el noroeste de Oaxaca.

Roca Generadora

Corresponde a mudstones arcillosos y lutitas calcáreas de la Formación Chinameca de edad Titoniano y secuencias carbonatadas-evaporíticas del Cretácico Inferior y Cretácico Superior

Roca Almacén

Calizas y dolomías del Cretácico.

Trampas

Del tipo estructural, originadas por el evento tectónico Chiapaneco.

8) Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental

Es la cadena de pliegues y fallas más extensa de México, está situado al oriente de la República Mexicana, que emerge de la planicie costera del Golfo de México y se extiende hacia el poniente hasta el altiplano del centro del país.

Roca Generadora

Representada por rocas de edad Jurásico Superior.

Roca Almacén

Siliciclastos y carbonatos del Jurásico y Cretácico.

Trampas

Son de tipo estructurales laramídicas.

9) Chihuahua

Roca Generadora

En la provincia se han postulado 4 rocas generadoras de edad Paleozoico, Titoniano, Aptiano y Turoniano, por su alta madurez y falta de sincronía el sistema petrolero es de alto riesgo.

Roca Almacén

Caracterizada por calizas y dolomías de edad Paleozoico y areniscas y calizas de edad Jurásico y Cretácico.

Trampas

Son estructurales asociadas a la deformación laramídica.

10) Golfo de California

La Provincia Petrolera del Golfo de California se localiza en la porción noroeste del país, entre los estados de Sonora y Baja California, cubriendo la mayor parte del Golfo de California.

La Provincia se divide en dos áreas:

- I. El Área Norte.- Presenta las mejores posibilidades de contener hidrocarburos, ya que los espesores de rocas sedimentarias son potentes, además de contener los depósitos más antiguos. Se tienen 6 cuencas sedimentarias: Tiburón, Tepoca, Delfín, Wagner, Altar y Consag. Dichas cuencas han acumulado grandes espesores sedimentarios desde el Mioceno Medio

hasta el Reciente, debido al aporte del Río Colorado y su evolución geológica hace que estas cuencas de *rift* presenten interés para la exploración de hidrocarburos.

II. El Área Sur.- La cubierta sedimentaria es delgada y su origen es muy joven.

El Sistema Petrolero presente en esta provincia es de edad Mioceno-Mioceno Medio-Superior.

Roca Generadora

La roca potencialmente generadora en el norte del Golfo de California son lutitas de edad Mioceno Medio y Mioceno Tardío. Las lutitas alternan con areniscas de grano fino depositadas en condiciones someras, con algunos intervalos delgados que corresponden a un ambiente más profundo.

Roca Almacén

Los intervalos de arenisca del Mioceno Medio-Mioceno Tardío y posiblemente Plioceno Temprano, constituyen la principal roca almacén. Los análisis de porosidad indican porosidades que varían entre 14 y 26%. Las secuencias sedimentarias están cortadas por arreglos de fallas con alta densidad por Km², lo que constituye una ruta de migración de los hidrocarburos hacia las rocas almacén.

Trampas

Las trampas son principalmente de tipo combinado estratigráfica-estructural, sin embargo, debido a la deformación distribuida en múltiples fallas normales y con desplazamiento de rumbo, muchos sellos y/o trampas estratigráficas pueden estar rotas, por lo que es importante buscar bloques coherentes con estructuras de plegamiento.

La sincronía entre la generación de hidrocarburos y la formación de las trampas está limitada a un periodo corto de tiempo en las cuencas del Golfo de California.

11) Provincia Petrolera Vizcaíno-La Purísima-Iray

Descrita como una cuenca de antearco.

Roca Generadora

Corresponde a lutitas del Cretácico y Paleoceno

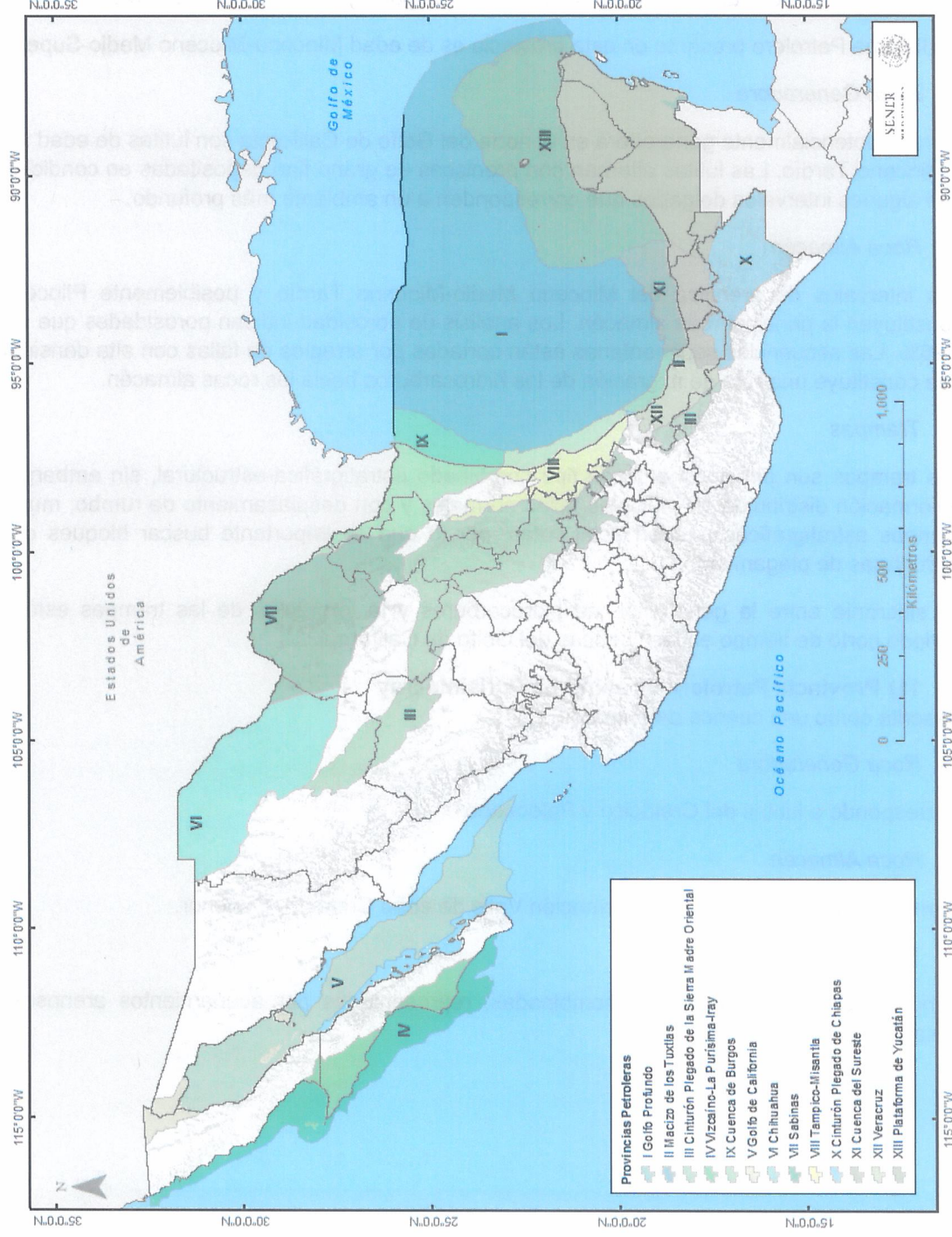
Roca Almacén

Corresponde a areniscas de la Formación Valle de edad Cretácico Superior.

Trampas

Principalmente estratigráficas y combinadas, representadas por acuñamientos arenosos contra altos basaltos.

Mapa 3. Provincias Petroleras de México.



ANEXO 3

Metodología empleada para el análisis costo- beneficio

La evaluación socioeconómica se realizó con el fin de mostrar la relevancia y prioridad de los ecosistemas y, sobre todo, de comparar los beneficios de salvaguardar un área en específico con respecto al costo de oportunidad de no extraer y producir los hidrocarburos en el subsuelo. Para lo anterior, se asignaron valores relativos a los servicios que estos ecosistemas proveen a la sociedad. Este valor relativo no pretende reflejar o definir precios de mercado, sino mostrar la relevancia y prioridad de los ecosistemas y los servicios y beneficios que proveen.

El análisis costo-beneficio se realizó al seguir los pasos siguientes:

Asignación de valores monetarios relativos a los biomas que integran el área a salvaguardar (Beneficios).

1. Se calcularon las superficies a través de un análisis geoespacial.
2. El rango de superficie se multiplicó por el promedio de los valores relativos presentados en la investigación de Rudolf de Groot *et al.* que corresponden a 2007.
3. Estos valores se multiplicaron por un factor de conversión de 1.1263 para convertir los valores 2007 a precios 2015.²¹
4. Los beneficios anuales (Bt) se calcularon mediante la fórmula de valor presente de la anualidad

$$An = R \left(\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right)$$

Donde

R = Beneficios Anuales

i = tasa social de descuento

n = número de años proyectados.

Valor de los hidrocarburos en el subsuelo (Costo de oportunidad).

5. Se obtiene el valor de las reservas y el perfil de la producción de aquellos campos que se localizan dentro de la superficie a salvaguardar.
6. De cada perfil se obtuvo el Valor Presente Neto (VPN) a 2015, valor que considera:
 - a. El flujo de efectivo antes de impuestos,
 - b. Los costos de producción,
 - c. El precio de los hidrocarburos en función de la calidad (API), el transporte, entre otros factores de la cadena productiva, y
 - d. Se utilizó una tasa de descuento del 12%.²²

Cálculo del Valor Presente Neto (VPN)

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{Bt - Ct}{(1 + r)^t}$$

Donde:

Bt: son los beneficios totales en el año t

²¹ El factor de conversión para traer los valores a precios 2015, se calculó en función del Consumer Price Index para los años 2007 -2015, publicado por el Bureau of Labor Statistics de Estados Unidos de América.

²² Tasa de descuento de acuerdo al Transitorio Tercero de *Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión*, publicados por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2013.



Ct: son los costos totales en el año t

Bt-Ct: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

7. Los costos totales (Ct) corresponden al valor del VPN reportado para la suma de los campos, si bien el VPN puede ser positivo, bajo esta metodología, dicho beneficio es considerado como el costo de oportunidad de no extraer esos recursos.
8. Se realizó la operación de la fórmula del VPN que consiste en la resta entre Bt y Ct, resultado que se dividió entre la tasa de descuento (12%) más uno, elevado a los años proyectados.

Referencias

- CONABIO, "Arrecifes", <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/arrecifes.html>, consultado el 18 de abril de 2016.
- CONABIO, Peces Bentónicos y Demersales de la Sonda de Campeche: sur del Golfo de México, México, 2014.
- CONANP, "APFF Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan", <http://regiongolfodemexico.conanp.gob.mx/lobos.php#.Vxpj7PnhCUk>, consultado el 22 de abril de 2016
- CONANP, "PN Sistema Arrecifal Veracruzano", <http://regiongolfodemexico.conanp.gob.mx/sistemarrecifal.php#.VxpmOfnhCUk>, consultado el 22 de abril de 2016
- CONANP, Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento del Área Natural Protegida. Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano, México, 2016, pp. 21-71.
- CONANP, Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018, México, 2014.
- Diario Oficial de la Federación, NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar, 2003.
- INECC, "Conservación y uso sustentable de los arrecifes en México", <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetitas/272/conservacion.html>, consultado el 18 de abril de 2016.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), "Coral Reef Conservation Program: Threats to Deep-sea Corals", <http://coralreef.noaa.gov/deepseacorals/threats/>, consultado el 18 de abril de 2016.
- PEMEX Exploración y Producción, *Base de datos de reservas*, 2015.
- PEMEX, *Provincias Petroleras de México*, México, 2013.
- Rudolf de Groot et al., "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units", *Ecosystem Services*, 1 (2012), pp. 55-56.
- SENER, *Base de datos de oportunidades exploratorias al 4to trimestre de 2013*.
- SENER, *Plan Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos: 2015-2019*, México, 2015.
- UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2010), Global distribution of warm-water coral reefs, compilado de múltiples fuentes, incluido el Millennium Coral Reef Mapping Project. Versión 1.3, que incluye contribuciones de IMaRS-USF y IRD (2005), IMaRS-USF (2005) y Spalding et al.



(2001), Cambridge (UK): UNEP World Conservation Monitoring Centre. Disponible en: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/1>, consultado el 18 de abril de 2016.

UNEP, "Biodiversity: Warm-water coral reef", <http://biodiversitya-z.org/content/warm-water-coral-reef>, consultado el 18 de abril de 2016.

WWF, "Arrecife Mesoamericano", http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/arrecife_mesoamericano/, consultado el 22 de abril de 2016.