



# Informe Detallado de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual 7 en el Golfo de México

Talos Energy Offshore Mexico 7, S. de R.L. de C.V.

WWW.ERM.COM



Talos Energy Offshore Mexico 7, S. de R.L. de C.V.

# Informe Detallado de l Línea Base Ambiental para el Área Contractual 7 en el Golfo de México

marzo de 2016

Project No. 0330765

---

[Redacted]

---

[Redacted]

---

[Redacted]

**Environmental Resources  
Management**





# Tabla de contenido

<b>Tabla de contenido</b> .....	<b>i</b>
<b>Glosario</b> .....	<b>iv</b>
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>0</b>
<b>2. Alcance</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Personal y embarcaciones</b> .....	<b>6</b>
4.1. <i>Personal</i> .....	6
4.2. <i>Embarcaciones</i> .....	7
<b>5. Metodología</b> .....	<b>10</b>
5.1. <i>Generalidades</i> .....	10
5.1.1 <i>Contexto regional</i> .....	11
5.1.2 <i>Contexto local</i> .....	11
5.1.2.1 <i>Delimitación del área de estudio</i> .....	11
5.2. <i>Medio Abiótico</i> .....	14
5.2.1 <i>Calidad de Agua de Mar</i> .....	15
5.2.2 <i>Calidad de Sedimento Marino</i> .....	18
5.3. <i>Medio Biótico</i> .....	20
5.3.1 <i>Fitoplancton</i> .....	20
5.3.1.1 <i>Muestreo Cualitativo</i> .....	20
5.3.1.2 <i>Muestreo Cuantitativo</i> .....	21
5.3.2 <i>Zooplancton e Ictioplancton</i> .....	22
5.3.3 <i>Macrobentos</i> .....	22
5.3.3.1 <i>Metodología de muestreo en laboratorio</i> .....	24
5.3.3.2 <i>Análisis de diversidad</i> .....	24
5.3.4 <i>Avifauna marina</i> .....	26
5.3.5 <i>Mamíferos y tortugas marinas</i> .....	28
5.3.6 <i>Pesca exploratoria</i> .....	29
5.3.7 <i>Efectos biológicos</i> .....	32
<b>6. Resultados</b> .....	<b>33</b>
6.1. <i>Generalidades</i> .....	33
6.1.1 <i>Contexto regional</i> .....	33
6.1.2 <i>Contexto local</i> .....	34
6.1.2.1 <i>Ubicación del Área Contractual con relación a las regiones de gestión ambiental</i> .....	34



6.2.	<i>Medio abiótico</i> .....	36
6.2.1	<i>Geología regional</i> .....	36
6.2.2	<i>Geomorfología regional</i> .....	37
6.2.3	<i>Geología y geomorfología local</i> .....	38
6.2.4	<i>Clima y meteorología</i> .....	39
6.2.4.1	<b>Clima</b> .....	39
6.2.5	<b>Temperatura media anual y mensual</b> .....	41
6.2.5.1	<i>Precipitación media anual y mensual</i> .....	44
6.2.5.2	<b>Humedad relativa</b> .....	45
6.2.5.3	<b>Evaporación media anual</b> .....	47
6.2.5.4	<b>Nubosidad promedio anual</b> .....	48
6.2.5.5	<b>Eventos extremos (Ciclones, Huracanes, tormentas y depresiones tropicales, etc.)</b> .....	50
6.2.5.6	<b>Corrientes marinas</b> .....	50
6.2.5.7	<b>Vientos dominantes, velocidad y dirección</b> .....	57
6.2.5.8	<b>Presión atmosférica</b> .....	62
6.2.6	<b>Hidrodinámica y batimetría</b> .....	64
6.2.6.1	<b>Oleaje</b> .....	64
6.2.6.2	<b>Mareas</b> .....	66
6.2.6.3	<b>Batimetría</b> .....	67
6.2.7	<b>Calidad de Agua de Mar</b> .....	70
6.2.7.1	<b>Parámetros fisicoquímicos</b> .....	70
6.2.7.2	<b>Resultados y análisis de salinidad y temperatura</b> .....	72
6.2.7.3	<b>Resultados y análisis de pH</b> .....	79
6.2.7.3.1	<b>Resultados y análisis de oxígeno disuelto y turbidez</b> .....	80
6.2.7.4	<b>Resultados y análisis de fluorescencia</b> .....	88
6.2.7.5	<b>Resultados analíticos</b> .....	90
6.2.8	<b>Calidad de Sedimento Marino</b> .....	101
6.3.	<i>Medio Biótico</i> .....	115
6.3.1	<b>Fitoplancton</b> .....	115
6.3.2	<b>Zooplancton</b> .....	117
6.3.3	<b>Macrobentos</b> .....	120
6.3.4	<b>Fauna íctica</b> .....	122
6.3.4.1	<b>Pesca Exploratoria en la Locación L7-I</b> .....	122
6.3.4.2	<b>Pesca Exploratoria en la Locación L7-G</b> .....	124
6.3.5	<b>Aves Marinas</b> .....	128
6.3.5.1	<b>Ubicación y distribución de las especies registradas</b> .....	129
6.3.5.2	<b>Diversidad de especies registradas</b> .....	131
6.3.5.3	<b>Categoría de conservación</b> .....	131
6.3.6	<b>Mamíferos marinos</b> .....	132
6.3.6.1	<b>Composición y abundancia de las especies registradas</b> .....	133
6.3.6.2	<b>Ubicación y distribución de las especies registradas</b> .....	134
6.3.6.3	<b>Diversidad de especies registradas</b> .....	135
6.3.6.4	<b>Categoría de conservación</b> .....	136
6.3.7	<b>Tortugas marinas</b> .....	137
6.3.7.1	<b>Composición y abundancia de las especies registradas</b> .....	138
6.3.7.2	<b>Ubicación y distribución de las especies registradas</b> .....	138
6.3.7.3	<b>Diversidad de especies registradas</b> .....	139



6.3.7.4	Categoría de conservación .....	139
6.4.	<i>Efectos biológicos</i> .....	141
6.4.1	Presencia de Metales Pesados en el Sedimento Marino.....	141
6.4.2	Presencia de Hidrocarburos en el Sedimento Marino .....	143
6.4.2.1	Niveles Guía de Referencia.....	144
6.4.3	Resultados del Análisis de Metales Pesados.....	146
6.4.4	Resultados del Análisis de Hidrocarburos .....	152
6.5.	<i>Áreas Sensibles</i> .....	154
6.5.1.1	Arrecifes coralinos .....	154
6.5.1.2	Regiones prioritarias .....	155
6.6.	<i>Identificación de la Infraestructura Existente</i> .....	161
6.6.1	Actividades Económicas.....	161
6.6.1.1	Pesca.....	161
6.6.1.2	Actividades recreativas .....	171
6.6.2	Patrimonio Arqueológico.....	172
6.7.	<i>Diagnóstico ambiental</i> .....	174
6.8.	<i>Registro y descripción de daños ambientales</i> .....	178
6.8.1	Identificación de los daños ambientales .....	178
6.8.2	Valor del daño ambiental.....	179
6.8.3	Descripción de los daños ambientales .....	188
6.8.3.1	Daños ambientales originados por la descarga de aguas continentales al Golfo de México.....	188
6.8.3.2	Daños ambientales y sociales originados por la industria petrolera .....	191
6.8.3.3	Sobreexplotación del recurso pesquero .....	195
6.8.3.4	Conclusiones.....	196
6.9.	<i>Registro y descripción de daños preexistentes (pasivos ambientales)</i> .....	197
6.9.1	Infraestructura pre-existente .....	197
6.9.2	Información de las condiciones ambientales históricas.....	198
6.9.3	Sedimento marino .....	202
6.9.4	Conclusión .....	205
7.	<b>Referencias</b> .....	208
8.	<b>Apéndices</b> .....	232
9.	<b>Listas de tablas</b> .....	233
10.	<b>Lista de figuras</b> .....	235
11.	<b>Lista de gráficas</b> .....	238
12.	<b>Anexos</b> .....	239



# Glosario

S. de R.L. de C.V.,	Sociedad de Responsabilidad Limitada de Capital Variable
S. A. de C. V.	Sociedad Anónima de Capital Variable
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
ERM Mexico	Environmental Resources Management , Mexico
ASEA	Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
pH	Potencial de Hidrógeno
OD.	Oxígeno Disuelto
mL.	mililitros
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
SST	Solidos Suspendidos Totales
HTP	Hidrocarburos totales de Petróleo
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno,
HM	Hidrocarburos Monoaromaticos (BTEX)
Cu	Cobre
V	Vanadio
Ni	Niquel
Cd	Cadmio
TEL	Threshold Effect levels
SQRT	Screening Quick Reference Tables
PEL	Probable Effect Levels
CSQGPAL	Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life de la CCME
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
Hg	Mercurio
Pb	Plomo
Ba	Bario
Mg	Miligramos
Kg.	Kilogramos
Li	Litio
Mo	Molibdeno
Ag	Plata
Cr <sup>VI</sup>	Cromo hexavalente
Sn	Estaño





M.O.	Materia Orgánica
mV	Milivoltios
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOM	Norma Oficial Mexicana
(Pr)	Estatus de protegido dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
RMP	Región Marina Prioritaria
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
ANP	Área Natural Protegida
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
ITS	Intertek Testing Services S. A. de C.V.
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
ICMyL	Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UTM	Universal Transversa de Mercator
X	Eje del Plano Cartesiano
Y	Eje del Plano Cartesiano
M. en C.	Maestro en Ciencias
MSc	Maestro en Ciencias
Ton	Toneladas
Hp	Horse power
S. C. L.	Embarcaciones
SEMAR	Secretaria de Marina-Armada de México
CICIMAR	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
SENER	Secretaría de Energía
JNCC	Joint Nature Conservation Committee (Comité Conjunto para la Conservación de la Naturaleza)
EPA	Agencia de Protección Ambiental
WGS	World Geodesic System (sistema geodésico mundial)
CNP	Carta Nacional Pesquera
HYCOM	HYbrid Coordinate Ocean Model
GODAE	US Global Data Assimilation Experiment
GOM	Gulf of Mexico
GdM	Golfo de México
US	United States (Estados Unidos)
US NRL	Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos)
B2-A	Esquina superior izquierda del polígono contractual
B2-B	Esquina superior derecha del área
B2-C	Esquina inferior derecha del área



B2-D	Esquina inferior izquierda del área
B2-E	Centro del área
B2-L	Corresponde al pozo Luhua-1
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
CTD	Sonda para la medición de la Conductividad Temperatura y profundidad
SBE	Seabird Electronics
FL	Fraccion Ligera
FM	Fracción Media
NMX	Norma Mexicana
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
CEQG	Guía Canadiense de Calidad Ambiental
SQuiRTs	Tablas de Referencia Rapida publicadas por la NOAA
ABC	ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V.
ISO 9001	Organización Internacional de estandarización
ISQG	Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino
COI	Comisión Oceanográfica Internacional de la UNESCO
μm	Micrometros
n° células/l	Número de células por litro
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
Box Corer	Draga
	H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener
H' = - Σ pi Log <sub>2</sub> pi	- Σ = sumatoria
	Pi = pi es la proporción de individuos hallados de la i-ésima especie y que es estimada mediante ni/N (el máximo estimador probable, Pielou 1969),
	Log <sub>2</sub> = bits/individuo
	Índice de Equidad
$E = \frac{H'}{\ln S}$	S = número de especies encontradas en la muestra.
	N = abundancia total.
	Indice de Jaccardi
$C_j = \frac{a}{(a+b+c)}$	a = Número de especies en la muestra A y en la muestra B.
	b = Número de especies en la muestra B pero no en la muestra A.
	c = Número de especies en la muestra A pero no en la muestra B.
CMH = 2Σ (ani bnj)/(da + db) aN bN	Indice Morisita-Horn
	CMH = Índice cuantitativo de similitud de Morisita-Horn.
	aN = Número total de individuos en el transecto A.



---

	ani = Número de individuos en la i-ésima especie en A.
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre
CMS	Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres
UBM	Unidad Base muestral
GPS	Geoposicionador geográfico
TSO	Temperatura superficial del Océano
SMN	Servicio Nacional Meteorológico
hPa	Pascal Unidad de Presión
H	H Huracán;
TT	TT Tormenta Tropical;
DT	DT Depresión Tropical
Escala Saffir-Simpson	H1, 119-153 (km/h); H2, 154-177 (km/h); H3, 178-209 (km/h); H4, 210-250 (km/h) y H5, mayor de 250 (km/h).
UPS	Unidades Practicas de Salinidad
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del agua
CICESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
GEBCO	General Bathymetric Chart of the Oceans
MOS	Material Orgánico Suspendido
MST	Materia Suspendida Total
PMVA	Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental
B2-Lsed	Muestra de sedimento para el punto B2-L
B2-Dsed	Muestra de sedimento para el punto B2-D
cel/L	Celulas por litro
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
CPUE	Captura por unidad de esfuerzo
(Pr)	Protección Especial
(A)	Amenazadas
(R)	Raras
AICAS	Área de importancia para la Conservación de las Aves
CONANP	Comision Nacional De Áreas Naturales Protegidas
SQG	Guía de Calidad de Sedimentos
ERL	Efecto de Rango Bajo
ERM	Efecto de Rango Medio



---

SAV	Sistema Arrecifal Veracruzano
INAPESCA	Instituto Nacional de Pesca
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
SC	Sociedades Cooperativas
OFOS	Otras Formas de Organización Social
UP	Union de Pescadores
UPP	Unidades o Uniones de producción
GS	Grupos Solidarios
SE	Sección especializada
SSS	Sociedades de Seguridad Social
SP	Sociedad Pesquera
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentacion
FAC	Fuera de la zona del Área Contractual
DAC	Dentro del Área Contractual
PIB	Producto Interno Bruto
SAS	Subdirección de Arqueología Subacuática
ACD	Disminución en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales.
PEMEX	Petróleos Mexicanos





# Resumen Ejecutivo

El Consorcio integrado por Talos Energy Offshore 7, S. de R.L. de C.V., Sierra Oil & Gas Exploración y Producción, S. de R.L. de C.V. y Premier Oil Exploration and Production Mexico S.A. de C.V., obtuvo la adjudicación del Área Contractual 7 mediante contrato CNH-R01-L01-A7, firmado el 4 de septiembre de 2015.

En el marco de la Etapa de Transición de Arranque, el Consorcio inició los estudios dirigidos a la identificación, caracterización y registro de los pasivos ambientales mediante la contratación de un tercero acreditado por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH): ERM México S.A. de C.V.

Con base en la *Guía para Definir la Línea Base Ambiental Previo al Inicio de las Actividades Petroleras* facilitada por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Consorcio solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Línea Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 7, Golfo de México, obteniendo dicha autorización mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0059/2016.

Para la obtención de información primaria de Línea Base Ambiental se definió como área de estudio al polígono del Área Contractual 7, estableciéndose cinco puntos de muestreo para la caracterización de componentes de los medios abiótico y biótico indicados en los lineamientos de la Guía de ASEA.

En este marco, se organizó un crucero bio-oceanográfico para caracterizar la columna de agua y el fondo marino mediante la colecta de muestras de agua, sedimento, plancton y bentos. Adicionalmente, se realizaron avistamientos de aves, mamíferos y tortugas marinas; y, en paralelo, se implementó una evaluación de pesca artesanal exploratoria para la captura de fauna íctica.

En base a la evaluación integral de la información generada se estableció un diagnóstico ambiental dirigido a la identificación y registro de daños ambientales, así como también de daños preexistentes o pasivos ambientales.

En lo que concierne a calidad de agua de mar, los principales hallazgos se resumen a continuación:

- Los valores de temperatura, salinidad y pH se caracterizaron por su estabilidad espacial, no registrándose mayor variación a nivel de columna de agua. Los registros de concentración de oxígeno disuelto (entre 1.68 y



5.90 mL/L), turbidez (entre 0.08 y 1.19 UNT) y Sólidos Suspendidos Totales (entre 18 y 168 mg/L) estuvieron determinados más bien por la profundidad.

- Se reportó un único valor detectable de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) del orden de 0.57 mg/L.
- Los niveles de concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) e Hidrocarburos Monoaromáticos (BTEX) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- Entre los nutrientes, la concentración de amoníaco se mantuvo en el rango de 0.03 a 0.68 mg/L, mientras que la de nitritos y nitratos varió entre 0.10 y 2.89 mg/L. Se reportó un único valor detectable de silicatos de 1.80 mg/L; en tanto que los niveles de fosfatos fluctuaron entre 1.07 y 1.80 mg/L. No se evidenciaron condiciones de eutrofización en la columna de agua.
- Los niveles de concentración de los metales “bario” (Ba), “cadmio” (Cd), “cobre” (Cu), “cromo” (Cr), “estaño” (Sn), “mercurio” (Hg), “níquel” (Ni), “plomo” (Pb) y “zinc” (Zn) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- Se detectaron concentraciones de “cobalto” (Co), entre 0.010 y 0.012 mg/L; así como de “vanadio” (V), entre 0.027 y 0.029 mg/L.

Y para calidad de sedimento marino se obtuvo lo siguiente:

- Las concentraciones de HTP y HAP estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- Los niveles de “mercurio” (Hg), “plomo” (Pb) y “zinc” (Zn) estuvieron por debajo del TEL (Threshold Effect Levels) del SQRT (Screening Quick Reference Tables) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) o valor de concentración por debajo del cual los efectos adversos esperados son raramente observados (10%).
- Los niveles de “cadmio” (Cd) y “cobre” (Cu) superaron los TEL pero estuvieron por debajo de los PEL (Probable Effect Levels) del CCME (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life del Canadian Council of Ministers of the Environment) o valores de concentración por encima de los cuales los efectos adversos son frecuentemente observados (50%).



- Se reportó un único valor de concentración de “níquel” (Ni) que excedió ligeramente el PEL (Probable Effect Levels) del CCME.
- Las concentraciones de “cromo hexavalente” (Cr<sup>VI</sup>), “estaño” (Sn), “molibdeno” (Mo) y “plata” (Ag) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- La granulometría se caracterizó por la mayor presencia de la fracción “arcilla”, determinándose una marcada dominancia de la textura franco arenosa, con un contenido de materia orgánica entre 1.00 y 1.92% y de carbono orgánico total entre 0.514 y 1.208%.
- Los valores de potencial redox variaron entre 411.60 y 432.73 mV, evidenciando en el medio marino condiciones favorables para las reacciones de oxidación.

En lo que concierne a biota acuática, durante las colectas de muestras de plancton y bentos realizadas a nivel de columna de agua y fondo respectivamente, no se observaron sectores marinos con eutrofización o coloración anómala asociados a eventos de “marea roja” o proliferación excesiva de microalgas. Asimismo, la comunidad macrobéntica se caracterizó por la ausencia de macroalgas y pastos marinos.

Para la caracterización de la fauna íctica se implementó una evaluación de pesca embarcada exploratoria en dos locaciones del área de estudio, reportándose 3 especies de peces: “dragón” (*Caulolatilus microps*), “iguana” (*Synodus* sp.) y “rotula” (*Brotula barbata*), pertenecientes a las familias taxonómicas Brotulidae, Malacanthidae y Synodontidae. Ninguna de ellas está incluida en alguna categoría de protección ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Por otro lado, durante los avistamientos de avifauna, mamíferos y tortugas marinas se registraron 7 especies de aves: “charrán real” (*Thalasseus maximus*), “fragata tijereta” (*Fregatta magnificens*), “garza blanca” (*Ardea alba*), “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), “paiño de Wilson” (*Oceanites oceanicus*), “playero” (*Calidris* sp.) y “salteador robusto” (*Stercorarius pomarinus*), pertenecientes a las familias taxonómicas Ardeidae, Fragatidae, Hydrobatidae, Laridae, Scolopacidae y Stercoraridae. Y entre los mamíferos, se reportó presencia del “delfín pantropical” o “delfín moteado” *Stenella attenuata* y de la “tonina” o “delfín nariz de botella” *Tursiops truncatus*. Ambas especies están incluidas en la categoría de Sujetas a Protección (Pr) de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

No se obtuvieron registros de tortugas marinas durante el crucero bio-oceanográfico; sin embargo, ello no implica la inexistencia de alguna de las 5 especies de quelonios reportadas para el Golfo de México: “tortuga lora” (*Lepidochelys kempii*), “tortuga blanca” (*Chelonia mydas*), “tortuga carey”





(*Eretmochelys imbricata*), “tortuga caguama” (*Caretta caretta*) y “tortuga laúd” (*Dermochelys coriacea*). Cabe indicar que no se han identificado zonas prioritarias de anidación en el sector de costa ubicado frente al Área Contractual 7.

En lo que concierne a Áreas Sensibles, el Área Contractual 7 se encuentra dentro de la Región Marina Prioritaria (RMP) N° 53 “Pantanos de Centla - Laguna de Términos” establecida por la Comisión Nacional para la Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Es importante señalar que no existen sistemas de arrecifes coralinos en el Área Contractual 7 ni Áreas Naturales Protegidas (ANP) en sus inmediaciones.

La pesca artesanal y el turismo constituyen las principales actividades económicas y recreativas respectivamente que se llevan a cabo en las inmediaciones del Área Contractual 7. De acuerdo a lo reportado durante la campaña de campo, los pescadores que realizan faenas en el área de estudio pueden ser libres, trabajar para permisionarios o pertenecer a una sociedad cooperativa.

Por otra parte, y de acuerdo a la Subdirección de Arqueología Subacuática (SAS) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), no existen sitios arqueológicos e históricos sumergidos, incluyendo naufragios, en el área de estudio.

De acuerdo a la valoración realizada para la identificación y registro de daños ambientales se evidenció que las descargas de aguas continentales y la actividad de la industria petrolera habrían causado en su mayoría daños moderadamente relevantes en el medio abiótico, biótico y social.

El único daño calificado como relevante estaría dado por la creación de zonas de restricción para la pesca debido a la existencia de plataformas petroleras en las áreas que los pescadores ribereños utilizaban para la captura de recursos hidrobiológicos con valor comercial, lo que habría repercutido negativamente sobre el volumen de las capturas.

No se reportaron daños preexistentes ni pasivos ambientales en el Área Contractual 7.



# 1. Introducción

Talos Energy Offshore México 7, S. de R.L. de C.V. en consorcio con Sierra Oil & Gas Exploración y Producción, S. de R.L. de C.V. y Premier Oil Exploration and Production Mexico S.A. de C.V. (en lo sucesivo “Talos”), obtuvo la adjudicación del Área Contractual 7 mediante el contrato CNH-R01-L01-A7, firmando dicho contrato el 4 de septiembre de 2015. Tal como lo señalado en los incisos 3.4 y 14.4 de dicho contrato referente a la Etapa de Transición de Arranque, Talos inició los estudios que permitieron la identificación, caracterización y predicción de los pasivos ambientales mediante la contratación de un tercero acreditado.

Para tal efecto, de acuerdo con el oficio No. 220.215/2015 la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) resolvió autorizar la contratación de ERM México S.A. de C.V. (ERM) como dicho tercero acreditado para la realización de los mencionados estudios, en conjunto con los laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación señalados en el propio oficio. Así mismo, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) se manifestó en el sentido de no tener inconveniente para que ERM realizará dichos estudios.

Finalmente, con base en la Guía para Definir la Línea Base Ambiental previo al inicio de las Actividades Petroleras (Guía) facilitada por la ASEA, órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Talos solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Líneas Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 7, Golfo de México, obteniendo dicha autorización el día 15 de enero de 2016 mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0060/2016 (el “Oficio de Aprobación de la Metodología”).

Para tal efecto, de acuerdo con el oficio No. 220.2152/2015 la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) resolvió autorizar la contratación de ERM México S.A. de C.V. (ERM) como dicho tercero acreditado para la realización de los mencionados estudios. Así mismo, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) se manifestó en el sentido de no tener inconveniente para que ERM presentará el informe de dichos estudios.

Finalmente, con base en la Guía para Definir la Línea Base Ambiental previo al inicio de las Actividades Petroleras (Guía) facilitada por la ASEA órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Talos solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Líneas Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 7, Golfo de México, obteniendo dicha autorización el día 15 de enero de 2016 mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0060/2016.



Una vez obtenida dicha autorización se comenzaron las actividades de preparación de reporte y preparación de las actividades de muestreo en campo. La campaña de campo se realizó entre los días 31 de enero al 3 de febrero de 2016.

El presente informe contiene la metodología específica empleada, los resultados de las investigaciones bibliográficas y de campo, así como los resultados analíticos de laboratorio disponibles a la fecha de entrega del mismo. El informe sigue la estructura establecida en el Anexo 1 de la Guía y contiene las conclusiones respecto a los daños ambientales y a los daños preexistentes (según se definieron dichos conceptos en la propuesta de metodología aprobada por ASEA mediante el Oficio de Aprobación de la Metodología) de los que se tiene conocimiento mediante la información proporcionada por CNH a Talos y de la investigación realizada por ERM.

Para efectos del presente informe se emplearán los siguientes conceptos teniendo estas definiciones:

**Daño Ambiental:** Significa la pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación adversa y mensurable de los ecosistemas y de los elementos y recursos naturales que los comprenden, incluyendo de manera enunciativa más no limitativa sus hábitats, el agua, el suelo, el subsuelo, la flora y la fauna, así como de las condiciones químicas, físicas o biológicas de dichos ecosistemas, elementos y recursos naturales, de las relaciones de interacción que se dan entre éstos, así como de los servicios ambientales que proporcionan, derivada de hechos de la naturaleza o actividades humanas. No se considera Daño Ambiental a aquellas pérdidas, cambios, deterioros, menoscabos, afectaciones o modificaciones, aún y cuando sean adversas y mensurables, cuando no se rebasen los límites máximos permisibles establecidos en la Normatividad Aplicable.

**Daño Preexistente:** Los Pasivos Ambientales presentes en el Área Contractual, identificados en la Línea Base Ambiental de conformidad con lo establecido en las Cláusulas 3.4 y 14.4.

**Pasivo Ambiental:** Significa, sin importar su causa u origen, aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, y cualesquier otros Daños Ambientales, presentes en el Área Contractual antes del inicio de la Fecha Efectiva. En esta definición se incluye la contaminación generada por una emergencia ambiental que tenga efectos a largo plazo sobre el medio ambiente.





## 2. Alcance

El presente documento contiene la aproximación metodológica y resultados de los estudios ambientales realizados en el Área Contractual 7 para determinar la línea base ambiental previa al inicio de las actividades petroleras, el registro de los daños ambientales y daños preexistentes en dicha área. Para efectos de este informe el Área Contractual 7 corresponde al área de estudio tal como se describe a continuación.

Tal como lo se establece en el contrato CNH-R01-L01-A7 el Área Contractual 7 se encuentra comprendida dentro del polígono formado por los vértices que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 *Coordenadas para el Área Contractual 7*

Vértice	UTM	
	X	Y
F	426707.962	2091677.40
G	448822.148	2091492.79
H	449181.24	2068587.37
I	426404.764	2068109.33

Es importante señalar, que con el objetivo de delimitar una zona que será el objeto del estudio, es necesario definir un sistema espacial arbitrario dentro del cual se puedan estudiar los factores ambientales y las interacciones del proyecto. Tomando en cuenta que Talos desarrollará sus actividades únicamente dentro del Área Contractual 7 y que por tratarse del medio ambiente marino en una zona uniforme en cuanto a batimetría y sedimentología, se definió como área de estudio la misma que comprende el Área Contractual 7, tal y como se describe en la sección correspondiente de este documento.

La línea base presentada en este informe cuenta con dos fuentes primordiales de información: información primaria recabada en campo e información secundaria obtenida tras la revisión de fuentes bibliográficas disponibles públicamente.

La información secundaria se empleó con la finalidad de contextualizar las condiciones a las que se encuentra el Área Contractual con respecto a las condiciones en el Golfo de México. Así mismo tiene la finalidad de complementar y servir de base para la comparación y análisis de la información primaria recabada en campo.



Por su parte, mediante una campaña oceanográfica en el Área Contractual de tres (3) días, se recabaron datos primarios en cinco (5) sitios de muestreo (ver Tabla 2.2), quince (15) transectos de observación de aves y mamíferos y dos (2) zonas de pesca. Estas muestras consideraron parámetros fisicoquímicos y biológicos en tres alturas de la columna de agua y en el sedimento marino. Las muestras tomadas han sido analizadas por los laboratorios Intertek Testing Services S.A. de C.V. (ITS) y Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V. (ABC) acreditados ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) así como por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), tal y como se señala en el apartado metodológico de este informe.

*Tabla 2.2 Puntos de muestreo dentro del Área Contractual 7*

Punto	UTM	
	X	Y
F	426707.962	2091677.40
G	448822.148	2091492.79
H	449181.24	2068587.37
I	426404.764	2068109.33
J	437408.94	2079577.25

La selección de los puntos de muestreo responde a la batimétrica y sedimentológica para garantizar la representatividad del esfuerzo de muestreo sobre las condiciones imperantes en el área.





### 3. Objetivos

Los objetivos generales del estudio y del presente informe se enlistan a continuación:

- Caracterizar y evaluar los elementos del medio ambiente presente en el Área Contractual 7 y su área de influencia,
- Determinar el grado de alteración que presentan los elementos del medio ambiente en el área de estudio por actividades naturales, humanas y propias del sector, previas en el área y
- Finalmente registrar, cuantificar y declarar los daños preexistentes reportados en el Área Contractual 7.

Derivado de los objetivos generales se desprenden lo siguiente objetivos particulares:

- Plantear la metodología y criterios empleados para caracterización del Área,
- Definir el área de estudio en cuanto a su contexto regional y local,
- Describir el contexto en el que se encuentra el Área, tomando en cuenta las interacciones naturales y humanas en la misma,
- Proporcionar información suficiente para definir el área de influencia,
- Especificar el esfuerzo de muestreo y las características del equipo empleado,
- Presentar los resultados obtenidos de los estudios en campo en el Área, tanto de los parámetros tomados al momento del muestreo como los resultados del procesamiento de las muestras tomadas,
- Realizar un análisis particular por cada parámetro y general a fin de determinar una línea base de la calidad ambiental del área,
- Generar un diagnóstico ambiental que exprese la influencia de las actividades antrópicas sobre el área,
- Definir la importancia de los daños o alteraciones que las actividades humanas hayan tenido previamente sobre el área de estudio,



- 
- Identificar, caracterizar y declarar aquellos daños preexistentes en el Área Contractual que hayan derivado de las actividades previas en la zona de la industria petrolera.
  - Presentar una conclusión global sobre las condiciones ambientales imperantes en el área.



## 4. Personal y embarcaciones

### 4.1. Personal

Para el planeamiento y ejecución de las actividades de línea base ambiental en el Área Contractual 7 se conformó un equipo multidisciplinario de profesionales y técnicos, los cuales se listan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Relación de Profesionales y Técnicos

Nombre	Cargo	Educación	Experiencia (Años)
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Eliminados datos personales. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Fuente: ERM, 2016



Además del personal mencionado, en las labores de evaluación ictica se contó con la asistencia de pescadores artesanales locales, los cuales se desempeñaron como motorista y auxiliar de pesca.

## 4.2. Embarcaciones

### *Buque oceanográfico*

Las actividades de levantamiento de información de campo se realizaron a bordo del buque oceanográfico “Riviera Maya” (ver Figura 4.1), cuyas características técnicas se indican en la (Tabla 4.2)

*Tabla 4.2 Características técnicas del buque “Riviera Maya”*

Tipo de embarcación	Carga general
Número de matrícula	2304064021
Servicio	Mixto carga y pasaje
Arqueo bruto (ton)	136.03
Arqueo neto (ton)	40.81
Eslora (m)	28.1
Manga (m)	6.72
Puntal (m)	3.07
Material del casco	Aluminio
Potencia de cada motor (Hp)	700

*Fuente: ERM, 2016*



Fuente: ERM, 2016

Figura 4.1 Vista del buque ‘[REDACTED]’

*Pesca Embarcada Exploratoria*

Para las actividades de pesca exploratoria se emplearon dos embarcaciones menores o “pangas” (Figura 4.2), Ilse Dayan V y Luci I, cuyas características se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Características de las embarcaciones menores empleadas en la evaluación de Pesca Exploratoria

Nombre de embarcación	ILSE DAYAN V	LUCI I
Tipo de embarcación	Lancha	Lancha
Servicio	Pesca	Pesca
Arqueo bruto (ton)	1.20	1.2
Arqueo neto (ton)	0.84	0.84
Eslora (m)	7.00	7.00
Manga (m)	1.65	1.65
Puntal (m)	0.60	0.62
Material del casco	Fibra de vidrio/ policarbonato	Fibra de vidrio/ policarbonato
Potencia del motor (HP)	Yamaha 75	Yamaha 40

Fuente: Certificado Nacional de Seguridad de las embarcaciones ILSE DAYAN V y LUCI I.



*Fuente: ERM, 2016*

*Figura 4.2 Evaluación de necton con embarcación pesquera artesanal*





## 5. Metodología

### 5.1. Generalidades

La presente línea base se fundamenta en la caracterización del estado actual del área del proyecto, respecto a sus componentes físicos y biológicos. En tal sentido, el estudio de la línea base se ha enfocado en reunir, establecer y generar información a partir de fuentes primarias y secundarias, con las cuales se analizará y sustentará los probables impactos.

- Contexto regional
- Contexto local
- Clima y meteorología
- Hidrodinámica y batimetría
- Calidad de agua
- Calidad de sedimento
- Biota Acuática
- Efectos Biológicos
- Áreas sensibles
- Identificación de Infraestructura existente
- Patrimonio Arqueológico

Para dicho fin se llevó a cabo la implementación de cuatro fases con las cuales se obtuvo la información de los aspectos ambientales relevantes y la identificación de eventuales pasivos ambientales.

**Fase I:** Revisión bibliográfica y evaluación rápida

**Fase II:** Caracterización ambiental

**Fase III:** Caracterización de los pasivos en el área contractual

**Fase IV:** Elaboración de reportes de línea base ambiental, registro de daños ambientales y daños preexistentes



### 5.1.1 *Contexto regional*

El contexto regional se definió, tomando en consideración la información disponible a nivel secundario, como se menciona en la Fase I (Revisión bibliográfica y evaluación rápida). Dentro del contexto regional se incluyen datos generales del Golfo de México.

Las principales fuentes consultadas en esta etapa fueron: NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica), SEMAR (Secretaría de Marina-Armada de México), CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), CICIMAR (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas), SENER (Secretaría de Energía), CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas), CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Universidad de la Florida, JNCC (Comité Conjunto para la Conservación de la Naturaleza), EPA (Agencia de Protección Ambiental), ICMYL (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología) entre otros.

### 5.1.2 *Contexto local*

A partir de la información obtenida en el contexto regional se realizó una revisión bibliográfica a nivel local, como parte de la Fase I. Así mismo, se realizó una evaluación rápida en campo (scoping), la cual permitió determinar el esfuerzo muestral y los parámetros a considerar en la línea base ambiental marina. Ésta evaluación rápida consistió en un recorrido terrestre (a lo largo del borde costero) y se incluyeron algunas entrevistas con pobladores de comunidades pesqueras. Las comunidades visitadas fueron Jicacal, Coatzacoalcos, Allende y Cuahutemotzin en los estados de Veracruz y Tabasco.

El criterio de selección de las áreas de potencial interés ambiental y su ubicación a lo largo de la costa, delimitada por la proyección ortogonal del Área Contractual 7, se basa en la importancia de los recursos ambientales presentes, de los servicios ambientales que brinda y del grado de sensibilidad que presentan frente a una potencial afectación por las actividades del proyecto.

#### 5.1.2.1 *Delimitación del área de estudio*

A partir de la información obtenida en la Fase I, correspondiente al contexto regional y local, se definió la caracterización ambiental del área de estudio (Fase II). Esta consistió en ubicar las estaciones de evaluación para los distintos parámetros (biológicos y fisicoquímicos), como parte de la información necesaria para la elaboración de la línea base ambiental marina.

El área de estudio, Área Contractual 7, fue previamente establecida por la Comisión Nacional de Hidrocarburos a través de la licitación CNH-R01-

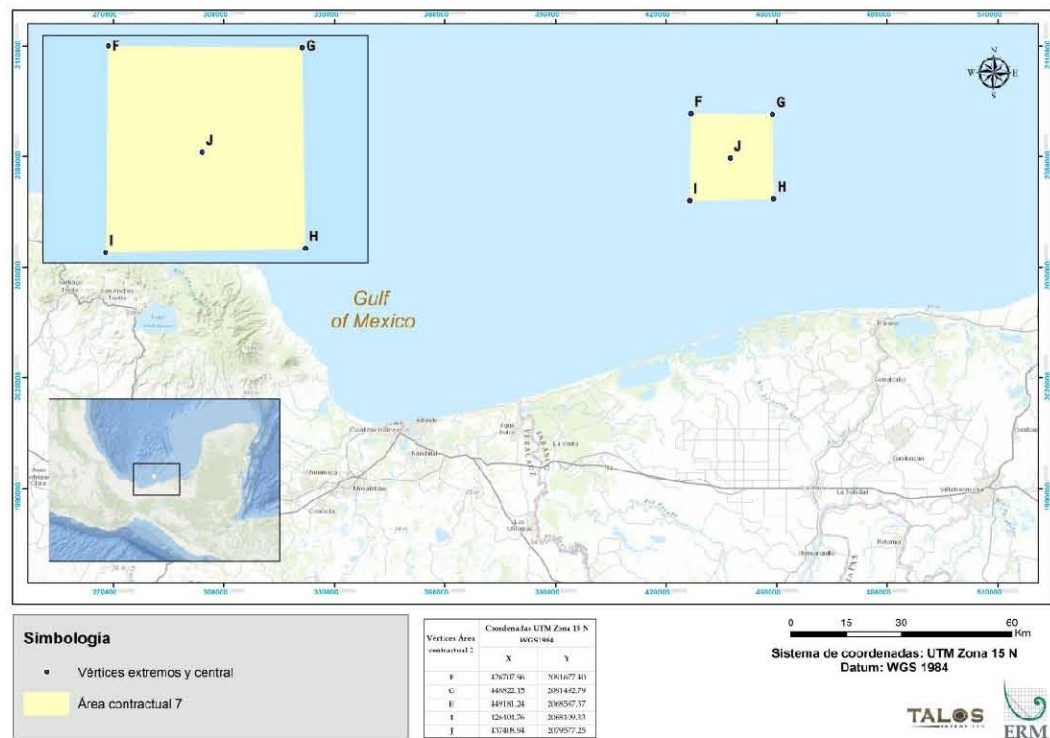




L01/2014. Dicha área está definida por las coordenadas geográficas que se aprecian en la Tabla 5.1 y se pueden observar en la Figura 5.1.

**Tabla 5.1** Ubicación Geográfica del Área Contractual 7

Vértice	Longitud oeste	Latitud Norte
F	93.696	18.916
G	93.486	18.915
H	93.482	18.708
I	93.698	18.703



Fuente: ERM, 2015

**Figura 5.1** Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 7

Dentro de esta área se seleccionaron cinco estaciones de muestreo, de las cuales se obtuvieron las muestras para los diversos parámetros a evaluar (ver Tabla 5.2)

El criterio de selección de las estaciones, se fundamenta en la batimetría y la homogeneidad de los sedimentos (limo-arenosos y limosos) dentro del Área



Contractual 7, por lo que se ha establecido un esfuerzo de 5 estaciones consideradas a su vez como réplicas.

**Tabla 5.2** *Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación*

Punto	Código de muestra	Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 15 Q)		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Profundidad
		Este	Norte			
1	B7 - F	426707.962	2091677.40	31/01/2016	20:40	316 m
2	B7 - G	448822.148	2091492.79	01/01/2016	00:50	208 m
3	B7 - J	449181.24	2068587.37	01/01/2016	04:45	132 m
4	B7 - H	426404.764	2068109.33	01/01/2016	08:10	60.2 m
5	B7 - I	437408.94	2079577.25	01/01/2016	10:15	93.5 m

*Fuente: ERM, 2016*

En cada estación a su vez se evaluó 3 muestras y/o mediciones, considerando tres niveles de profundidad (fondo, media agua y superficie), lo cual permite caracterizar de manera estratificada la columna de agua.

En cuanto a la caracterización del plancton (fitoplancton y zooplancton) se tuvo en consideración la distribución asociada a los límites establecidos por la zona fótica.

Por otro lado para la caracterización pesquera es preciso indicar que el Área Contractual 7 se ubica en la porción Suroeste del Golfo de México, en la plataforma continental media y externa del Oeste del estado de Tabasco, aproximadamente a 30 km frente a la costa más cercana.

La última Carta Nacional Pesquera (CNP) del 2012, establece para cada zona de pesca del Golfo de México un número correlativo, de acuerdo al siguiente criterio de regionalización; Zona I: Tamaulipas y Veracruz; Zona II: Tabasco, Campeche y Yucatán, y Zona III: Quintana Roo. En consecuencia, las especies pesqueras reportadas para la presente evaluación se encontrarían dentro del alcance de la Zona I y II del Golfo de México.

Es preciso indicar que la Carta Nacional Pesquera (CNP), es el único documento oficial e instrumento regulatorio pesquero ambiental que indica el estado de organismos marinos comerciales en México, además plantea restricciones y límites en algunas pesquerías (Figura 5.2).

En el marco contextual local del Área Contractual 7, se establecieron dos (02) zonas de pesca, cuyas estaciones se denominan L7-G (vértice nor-este del Área Contractual 7) y L7-I (vértice sur-oeste del Área Contractual 7), en donde realizarán las labores de pesca.



La elección de ambas zonas obedece a criterios de representatividad espacial del Área Contractual 7, teniendo en consideración que ambas estaciones mantienen una homogeneidad batimétrica.



Fuente: Biodiversidad, 2015

Figura 5.2 Distribución de Zonas Pesqueras en México.

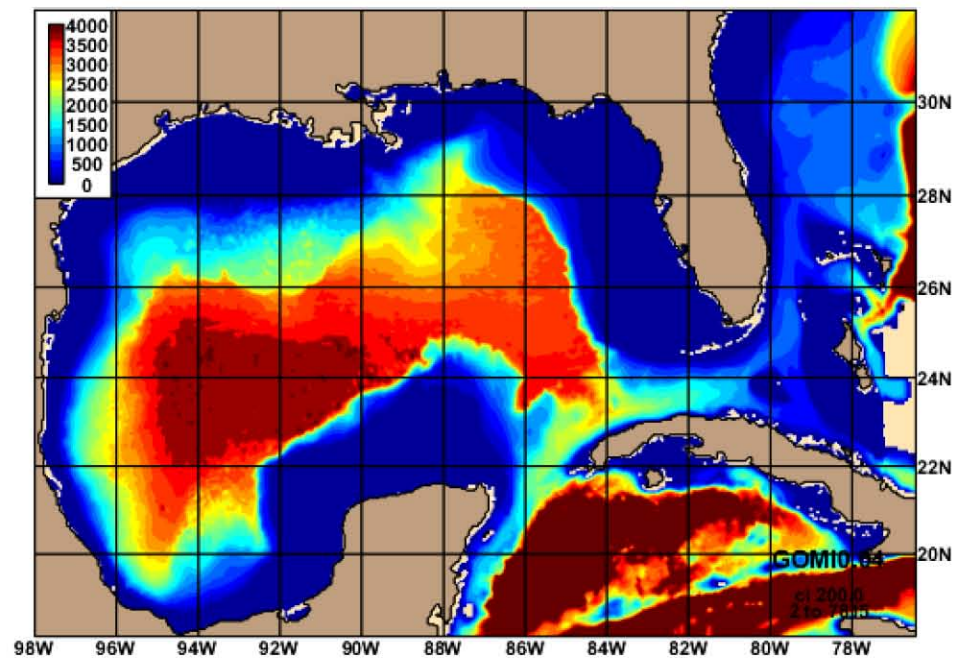
## 5.2. Medio Abiótico

Para caracterizar las condiciones físicas marinas del área de estudio, se obtuvieron valores de corrientes, salinidad y temperatura del agua generados del modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model). HYCOM (2016) es un modelo oceánico generalizado, producido por el consorcio HYCOM, el cual está formado por varias instituciones como parte del US Global Data Assimilation Experiment (GODAE).

El modelo HYCOM es una rejilla tridimensional que provee datos para los océanos con valores cada  $1/12^\circ$  ( $0.0833^\circ$ ), tanto de latitud como longitud. Para el Golfo de México existe una versión especial de HYCOM (GOMI0.04\_72) manejada por el Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos (US NRL por sus siglas en inglés). Esta versión especial de HYCOM ofrece una rejilla con una resolución más detallada con espacios de  $1/25^\circ$  ( $0.04^\circ$ ) de aproximadamente 4.5 kilómetros (km) en dirección norte-sur y 4.3 km en dirección este-oeste en la región sur del Golfo de México.

Verticalmente, el modelo HYCOM tiene 20 capas, las cuales varían en tamaño dependiendo de la batimetría en un lugar determinado. En la Figura 5.3 se muestran las profundidades para todo el modelo HYCOM del Golfo de México. Otra característica de la versión del modelo HYCOM para el Golfo de México, es la incorporación de los efectos de las mareas dentro del modelo hidrodinámico.





Fuente: HYCOM, 2015

Figura 5.3 Profundidades en metros del Golfo de México versión GOMI0.04\_72

### 5.2.1 Calidad de Agua de Mar

Para las determinaciones de calidad del agua de mar del Área Contractual 7, se definieron 05 estaciones de muestreo, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera; 04 estaciones en los vértices del Área Contractual 7, 01 estación en el centro del área de estudio (ver Figura 5.4).

Las estaciones de muestreo fueron denominados como se menciona a continuación:

- B7-F: esquina superior izquierda del Área Contractual.
- B-7-G: esquina superior derecha del Área Contractual.
- B7-H: esquina inferior derecha del Área Contractual.
- B7-I: esquina inferior izquierda del Área Contractual.
- B7-J: centro del Área Contractual.

En cada estación de muestreo se colectaron muestras a tres profundidades, obteniéndose un total de 15 muestras de agua de mar.



Para la obtención de las muestras de agua de mar se utilizó una roseta de botellas Niskin SBD de la marca Ocean Test Equipment Inc., la cual fue equipada con 12 botellas de 5 L de capacidad cada una. En cada estación la roseta estuvo programada para coleccionar muestras de agua a tres profundidades (superficie, media y fondo).

De las botellas que conforman la roseta se obtuvieron las muestras de agua para el análisis de los diferentes parámetros. Considerando cada una de las tres profundidades a evaluar.

Las muestras fueron etiquetadas, selladas, empaquetadas en bolsas y posteriormente se almacenaron en hieleras a 4 °C, manteniendo la cadena de frío necesaria para su adecuada conservación, hasta el ingreso al laboratorio.

El análisis de las muestras las realizó el laboratorio Intertek Testing Services de México, S.A. de C.V. (ITS), el cual está acreditado ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) con la acreditación número AG-188-051/11 y aprobado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) con la aprobación número CNA-GCA-1172, para esta matriz (ver Anexo 5.1).

Por otro lado se debe mencionar que, de modo simultáneo a la inmersión de la Roseta, se sumergió un equipo CTD de la marca Seabird Electronics, modelo SBE 9 Plus y una unidad en cubierta SBE 11 Plus V 5.2, el cual registró datos de los parámetros fisicoquímicos (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y fluorescencia) en la columna de agua a las tres profundidades, antes mencionadas.



*Fuente: ERM, 2016*

**Figura 5.4** Vista de la Roseta de botellas Niskin

Para la medición del pH del agua de mar, se utilizó un equipo multiparamétrico de marca HANNA Instruments, modelo 9829, debidamente calibrado.



Los parámetros de calidad de agua de mar se analizaron de acuerdo a los lineamientos de la ASEA, así como, sus métodos de análisis y tipo de contenedor. A continuación se listan en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3** *Parámetros analíticos de calidad del agua de mar*

Parámetro	Método	Contenedor	
Salinidad	SM 2520-Ed.20th 1998	Plástico de 1 L y medición en campo	
Potencial hidrógeno (pH)	NMX-AA-008-SCFI-2011	Plástico de 1 L y medición en campo	
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2013	Plástico de 1 L y medición en campo	
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Plástico de 1 L y medición en campo	
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001	Plástico de 1 L y medición en campo	
Fluorescencia	No disponible	Medición en campo	
Clorofila a <sup>1</sup>	SM 10200H Ed.19 -1995	Vidrio ámbar 1 L	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	EPA 160.2 1971	Plástico de 1 L	
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	Fracción Ligera (FL)	EPA 8015 D-2003	Vial ámbar de 40 ml + HCl
	Fracción Media (FM)	EPA 8015 D-2003	Vidrio ámbar de 1 L
	Fracción Pesada (FP)	EPA 3510C-1996 / EPA 1664-1999	Vidrio ámbar de 1 L + HCl
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	EPA 8270 D-2007	Vidrio ámbar de 1 L	
Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX)	EPA 8260C-2006	Vial ámbar de 40 ml + HCl	
Amonio (Nitrógeno amoniacal)	EPA 350.1 - 1993	Plástico de 1 L + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
Nitritos	EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L	
Nitratos	EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L	
Fosfatos	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico de 1 L	
Silicatos (Sílice)	EPA 6010C-2007	Plástico de 1 L	
Metales (Hierro, Zinc, Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Cobalto, Vanadio, Bario y Estaño) <sup>2</sup>	EPA 6010C-2007 / NMX-051-SCFI-2001	Plástico de 1 L + HNO <sub>3</sub> y plástico de 250 ml	

<sup>1</sup> Cabe mencionar que la clorofila b y c no fue analizada debido a la dificultad técnica de evaluar dichos parámetros en agua marina.

<sup>2</sup> Cabe señalar que el parámetro Ar (Argon) no fue analizado al no existir una metodología de laboratorio para su análisis.





Los resultados analíticos fueron comparados contra el criterio de HTP de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), establecido en 1976, así como los criterios de la Guía Canadiense de Calidad Ambiental (CEQG) publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME) y las Tablas de Referencia Rápida (SQuiRTs) publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) para muchos otros parámetros.

Los límites de cuantificación que maneja el laboratorio analítico están validados para los análisis usuales de agua para los parámetros acreditados y aprobados, mencionados anteriormente, por lo cual están calculados para agua terrestre y pueden ser ligeramente altos para agua marina. Sin embargo, todos los análisis y metodologías mantienen la calidad y validez.

### 5.2.2 *Calidad de Sedimento Marino*

Para la determinación de calidad del sedimento marino, se evaluaron 05 estaciones de muestreo, ubicados en las mismas coordenadas que las estaciones de evaluación de agua, teniendo en consideración los criterios antes mencionados.

Para la obtención de las muestras de sedimento marino se utilizó un equipo Boxcore (Figura 5.5) de la marca KC DENMARK A/S, y colectó 400 cm<sup>3</sup> de sedimento aproximadamente por cada estación de muestreo. Este equipo aseguró la integridad de la muestra en su desplazamiento a la superficie. El sedimento obtenido se colocó en los contenedores para el análisis de cada parámetro, y fueron etiquetados, sellado y empaquetado para su almacenamiento.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.5 *Vista del Boxcore de corte cuadrado*



Las muestras fueron etiquetadas, selladas, empaquetadas en bolsas y posteriormente se almacenaron en hieleras a 4 °C, manteniendo la cadena de frío necesaria para su adecuada conservación, hasta su ingreso al laboratorio.

Los parámetros de calidad de sedimento se analizaron de acuerdo a los lineamientos de la ASEA, así como sus métodos de análisis y tipo de contenedor. A continuación se listan en la Tabla 5.4.

**Tabla 5.4** *Parámetros analíticos de calidad del sedimento marino*

Parámetro		Método	Contenedor
Materia orgánica (MO)		NOM-021-SEMARNAT-2000	Vidrio boca ancha de 1 L
Carbono orgánico total		NOM-021-SEMARNAT-2000	Vidrio de 125 ml
Granulometría		NOM-021-SEMARNAT-2000	Vidrio boca ancha de 1 L
Textura del sedimento		NOM-021-SEMARNAT-2000	Vidrio boca ancha de 1 L
Redox <sup>3</sup>		SM 2580 B	Vidrio boca ancha de 1 L
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos		NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
Hidrocarburos Totales del Petróleo	FL	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
	FM	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
	FP	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
Metales (Hierro, Zinc, Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Vanadio, Plata, Bario, Litio, Manganeso, Molibdeno, Selenio y Estaño)		NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 / EPA 6010C-2007	Vidrio boca ancha de 1 L y vidrio de 125 ml

Fuente: ERM, 2016

El análisis de las muestras lo realizó el laboratorio ITS, el cual está acreditado ante la EMA con la acreditación número R-0044-003/11 y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) con la aprobación número PFPA-APR-LP-RP-0012/13, para esta matriz. Únicamente el análisis de Litio en sedimento lo realizó Laboratorios ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V. (ABC) el cual está acreditado ante la EMA con la acreditación número R-0091-009/11 y aprobado por PROFEPA con la aprobación número PFPA-APR-LP-RS-002MS/2014, adicionalmente este laboratorio tiene

<sup>3</sup> Cabe señalar que el parámetro contenido de oxígeno no fue analizado al no existir una metodología de laboratorio.





reconocimiento internacional y está certificado en la norma ISO-9001:2008 (Ver Anexo 5.2).

Los resultados analíticos fueron comparados contra el criterio de HTP de la UNESCO, establecido en 1976, así como los criterios de la Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino (ISQG) publicada por el CCME y los límites TEL (Nivel de Efecto en el Umbral - amenaza no potencial) y PEL (Nivel de Efecto Probable) presentados en las SQuiRTs de la NOAA para muchos otros parámetros.

Los límites de cuantificación que manejan los laboratorios analíticos están validados para los análisis usuales de suelo para los parámetros acreditados y aprobados, mencionados anteriormente, por lo cual están calculados para suelo terrestre y pueden ser ligeramente altos para sedimento marino. Sin embargo, todos los análisis y metodologías mantienen la calidad y validez.

## 5.3. Medio Biótico

### 5.3.1 *Fitoplancton*

El muestreo de fitoplancton estuvo dirigido a la determinación de las especies más representativas del eslabón inicial de la cadena trófica marina, así como también a la identificación de microalgas consideradas potencialmente tóxicas por la Comisión Oceanográfica Internacional (COI) de la UNESCO y de aquellas comúnmente involucradas en ciertos eventos de importancia ecológica: “mareas rojas”, “floraciones algales nocivas” o procesos de eutrofización.

En base a los lineamientos de la *Guía para el Diseño y Puesta en Marcha de un Plan de Seguimiento de Microalgas Productoras de Toxinas (COI, 2011)*, se implementaron dos metodologías diferentes de muestreo aunque complementarias entre sí en los mismos puntos de muestreo de calidad de agua y sedimento marino:

#### 5.3.1.1 *Muestreo Cualitativo*

El muestreo cualitativo consistió en realizar arrastres verticales con una red estándar cónica provista con malla colectora de 20  $\mu\text{m}$  (Figura 5.6) de abertura de malla a lo largo de la columna de agua. Las 5 muestras obtenidas, fueron debidamente rotuladas y acondicionadas, y preservadas con solución de formalina neutralizada con bórax. El total de las muestras consta de un volumen de 1.67 m<sup>3</sup>. El análisis de las muestras estuvo a cargo del laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México



(UNAM)<sup>4</sup>, donde fueron sometidas a centrifugación y, posteriormente, se determinaron las microalgas presentes hasta el menor nivel taxonómico posible, agrupándolas en las categorías de diatomeas, dinoflagelados, cianofitas o fitoflagelados.



*Fuente: ERM, 2016*

*Figura 5.6 Vista de red cónica de 20  $\mu\text{m}$  empleada para la colecta de muestras de fitoplancton*

#### 5.3.1.2 *Muestreo Cuantitativo*

En el estrato superficial y a 50 m de profundidad de cada punto de muestreo, se captó con botella Niskin un volumen conocido de agua (250 mL) que fue luego vertido a un frasco de igual capacidad conteniendo una solución preservante de lugol acético.

El tratamiento y análisis de las 12 muestras colectadas también se realizó en el laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM mediante técnicas de sedimentación.

Para la identificación y posterior conteo de microalgas fueron empleadas claves taxonómicas actualizadas. Se determinaron como principales grupos a las diatomeas, los dinoflagelados, las cianofitas y los fitoflagelados. Los resultados se expresaron cuantitativamente en términos de “concentración celular” (n°

---

<sup>4</sup> Cabe señalar que a la fecha no existen acreditaciones para el análisis de parámetros biológicos como plancton y macrobentos marino.



células/l). Y a partir de estos registros se calcularon los índices de estructura comunitaria: diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), dominancia de Simpson ( $D$ ) y equidad de Pielou ( $J'$ ).

### 5.3.2 *Zooplankton e Ictioplankton*

El muestreo de estos componentes se realizó en simultáneo mediante arrastres oblicuos con una red tipo Bongo provista con dos mallas colectoras de 150 y 300  $\mu\text{m}$  de abertura de malla y flujómetros, y dirigidas a la captación de organismos del zooplankton e ictioplankton respectivamente.

Se efectuó un arrastre oblicuo en cada punto de muestreo y el material biológico retenido en ambas mallas de la red fue colectado en frascos herméticos de plástico de 500 ml de capacidad y preservado con solución de formalina neutralizada con bórax.

El tratamiento y análisis de estas 5 muestras también se realizó en el laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

Los organismos presentes fueron determinados hasta el menor nivel taxonómico posible diferenciando su pertenencia a los grupos de copépodos, cladóceros, apendicularias, cnidarios, huevos y larvas de peces, entre otros; y los resultados de los conteos fueron expresados cuantitativamente en términos de número de organismos por  $\text{m}^3$  de agua de mar.

### 5.3.3 *Macrobentos*

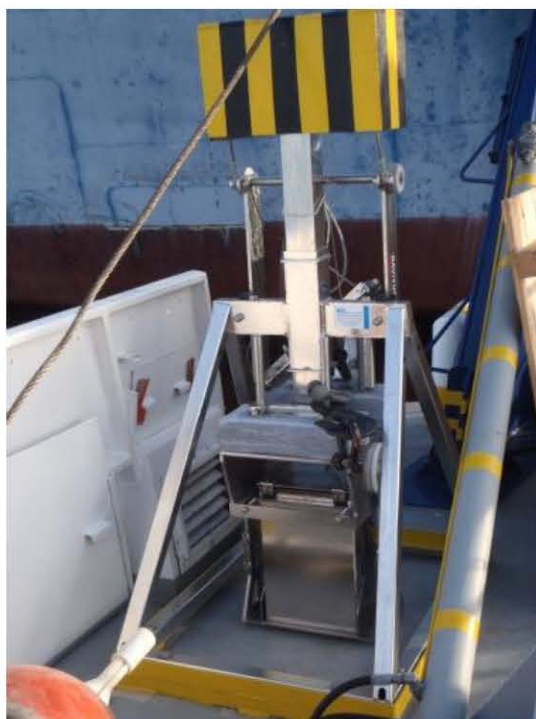
El componente bentos es definido como el conjunto de organismos que habita o se encuentra asociado al fondo de los cuerpos de agua. De acuerdo a su hábitat específico, tales organismos pueden clasificarse en hiperbentos (organismos con buena capacidad de nado que realizan migraciones verticales sobre el sustrato), epibentos (organismos que habitan sobre la superficie del sustrato) y endobentos (organismos que viven enterrados en el sustrato). Los organismos del bentos también pueden ser clasificados en función de su talla, en macrobentos ( $>500 \mu\text{m}$ ), meibentos ( $<500 \mu\text{m}$  y  $>63 \mu\text{m}$ ) y microbentos ( $<63 \mu\text{m}$ ). Para el levantamiento y caracterización de la presente evaluación se ha contemplado tomar en consideración al macrobentos, por facilidad de identificación, y su carácter representativo (Figura 5.7).





La colecta de muestras de macrobentos de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 7, se obtuvieron mediante el uso de un Box corer o muestreador de sedimentos de 20cmx30cm de área (Ver Figura 5.5). Obteniéndose un total de 05 muestras de las estaciones ubicadas de acuerdo a los criterios antes mencionados. (Ver Tabla 5.4).

Las muestras obtenidas fueron luego lavadas y filtradas en una bolsa tamiz de 500 µm de diámetro de malla, para luego ser depositadas en frascos de plástico, utilizando como preservante formol al 10% neutralizado con bórax (tetraborato de sodio), debidamente rotulados para su posterior identificación y análisis en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.



Fuente, ERM, 2016

Figura 5.7 Muestreador de sedimentos (Box Corer)

Tabla 5.5 Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Macrobentos en el Área Contractual 7

Código de muestra	Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 15 Q)		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Profundidad
	Este	Norte			
B7 - F	426707.962	2091677.40	31/01/2016	20:40	316 m
B7 - G	448822.148	2091492.79	01/01/2016	00:50	208 m
B7 - J	449181.24	2068587.37	01/01/2016	04:45	132 m





B7 - H	426404.764	2068109.33	01/01/2016	08:10	60.2 m
B7 - I	437408.94	2079577.25	01/01/2016	10:15	93.5 m

Fuente ERM, 2016

### 5.3.3.1 Metodología de muestreo en laboratorio

En el laboratorio se realizó el lavado y tamizado de cada muestra en tamices de diferentes medidas de ojo de malla (10000, 5000 y 1000  $\mu\text{m}$  de ojo de malla). Los organismos retenidos en cada tamiz se depositaron en frascos de plástico herméticos empleando la codificación respectiva de acuerdo a las estaciones evaluadas. Durante el proceso de lavado y separación de las muestras se hace uso de placas petri, pinzas, tamices, picetas, jeringas, mandiles plásticos, guantes de látex, mascarillas, etc. Posteriormente, se procede a la determinación de los organismos bentónicos en dos etapas:

1.- Separación en grupos taxonómicos principales, y luego hasta especie; si es que las condiciones de la muestra lo permiten o si los especialistas logran determinar.

2.- Con los resultados obtenidos luego de la separación y determinación de los organismos se procede a determinar la abundancia de cada especie evaluada usando un contómetro de mano y un contómetro múltiple, considerándose solo porciones cefálicas de los ejemplares incompletos y los discos de las estrellas frágiles u otros (por ejemplo, ofiuroideos). También se determina la biomasa por grupos en gramos de peso húmedo total, para lo cual los organismos colectados son previamente escurridos en papel secante y luego pesados en una balanza analítica de 0.001 g de precisión.

### 5.3.3.2 Análisis de diversidad

Empleando los datos de abundancia obtenidos por cada estación, se procederá a calcular el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Margalef, 1974), y se calcula a partir de la ecuación:

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Donde  $p_i$  es la proporción de individuos hallados de la  $i$ -ésima especie y que es estimada mediante  $n_i/N$  (el máximo estimador probable, Pielou 1969), siendo " $n_i$ " la abundancia de la especie  $i$ , y " $N$ " la abundancia total en la muestra. En los cálculos de Shannon frecuentemente se utiliza  $\log_2$  (bits/individuo), pero puede adoptarse cualquier base logarítmica (Magurran, 1990). Para el presente análisis se utiliza la base 2 (bits por individuo) de acuerdo a la definición de la fórmula original y según los resultados del programa PAST, aplicando el factor 1.44, para la obtención de valores en función a  $\log_2$ .



Adicionalmente, se procederá a calcular el índice de diversidad de Margalef (Clifford y Stephenson, 1975), también conocido como índice de riqueza de Margalef (DMg); además del índice de uniformidad de Pielou (Pielou, 1969), conocido también como índice de equidad (E).

$$D_{Mg} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Dónde:

**S** = número de especies encontradas en la muestra.

**N** = abundancia total.

El análisis de similitud cualitativo se realizó utilizando el índice de Jaccard, y el análisis de similitud cuantitativo se realizó utilizando el índice de Morisita-Horn. A continuación se presenta la fórmula para el cálculo del Índice de Jaccard (Cj) (Krebs, 1989):

Dónde:

**a** = Número de especies en la muestra A y en la muestra B.

**b** = Número de especies en la muestra B pero no en la muestra A.

**c** = Número de especies en la muestra A pero no en la muestra B.

$$C_j = \frac{a}{(a+b+c)}$$

Los resultados obtenidos del análisis de similitud de Jaccard se utilizan para elaborar dendrogramas a través de un análisis Cluster. Este análisis se inicia con una matriz que proporciona la similaridad entre cada uno de los pares de unidades de muestreo (repeticiones), de modo que dicho análisis proceda mediante sucesivas agrupaciones de las repeticiones más similares, las cuales se combinan para formar un grupo único. El método de agrupación utilizado para el presente caso es de la media (group average clustering - UPGMA), empleado ampliamente en ecología (Magurran, 1988). Los cálculos computacionales para elaborar los dendrogramas fueron realizados utilizando el programa estadístico PAST.

El índice de Morisita-Horn utiliza los datos cuantitativos obtenidos en los conteos para establecer un valor que expresa el grado de similitud entre lugares evaluados.

Dónde:

**CMH** = Índice cuantitativo de similitud de Morisita-Horn.



$aN$  = Número total de individuos en el transecto A.

$ani$  = Número de individuos en la  $i$ -ésima especie en A.

$$CMH = 2\sum (ani \ bnj)/(da + db) \ aN \ bN$$

De modo complementario se empleará el índice de presencia - ausencia de Raup - Crick. Este índice (Raup y Crick 1979) utiliza un procedimiento de randomización de "Monte Carlo", comparando el número observado de especies que ocurren en ambas asociaciones con la distribución de co-ocurrencias de 200 repeticiones aleatorias (Hammer y Harper, 2001).

### 5.3.4

#### *Avifauna marina*

La observación de aves marinas se realizó utilizando binoculares Celestron® 10 x 50 Upclose G2. Los individuos fueron registrados en un ángulo de 180 grados con respecto a la proa del barco. El recuento se llevó a cabo utilizando un contómetro de mano o Tally Counter, y la identificación se realizó *in situ* con la ayuda de guías especializadas (Harrison 1983, Prater et al., 1991). Esta evaluación se llevó a cabo durante todo el itinerario (derrotero) del crucero Bio-oceanográfico en el Área Contractual 7.

Para la comunidad de aves se determinó su composición específica y la abundancia. Asimismo, se describió la ubicación, distribución y diversidad de las especies marinas identificadas, tal como se observa en la Tabla 5.6. Además, se identificaron aquellas especies categorizadas en alguna lista de conservación (nacional y/o internacional).

Tabla 5.6 Metodologías de Evaluación de Aves Marinas

<i>Metodología: Observación Directa en Transectos en Línea (UNOLS, 1999; Wennemer et al., 1998)</i>	
Parámetro a Medir	Unidad
Frecuencia de avistamiento por especie	N° avistamientos individuos por sp./total de millas recorridas X 100
Tasa de avistamiento por especie	Porcentaje de avistamiento por sp./total de avistamientos
Proporción	Porcentaje de avistamiento por sp./total de individuos
Abundancia Relativa	N° de avistamientos de individuos por sp./millas observadas X 100
Comportamiento	Cualitativo
Distribución	Coordenadas (Georreferenciación)

Fuente: ERM, 2015

A fin de determinar una abundancia relativa, se establecieron unidades básicas muestrales (UBM) de 1 milla náutica, la cual fue implementada en un recorrido en "piernas" de muestreo. Se registró la especie, el número de individuos, las

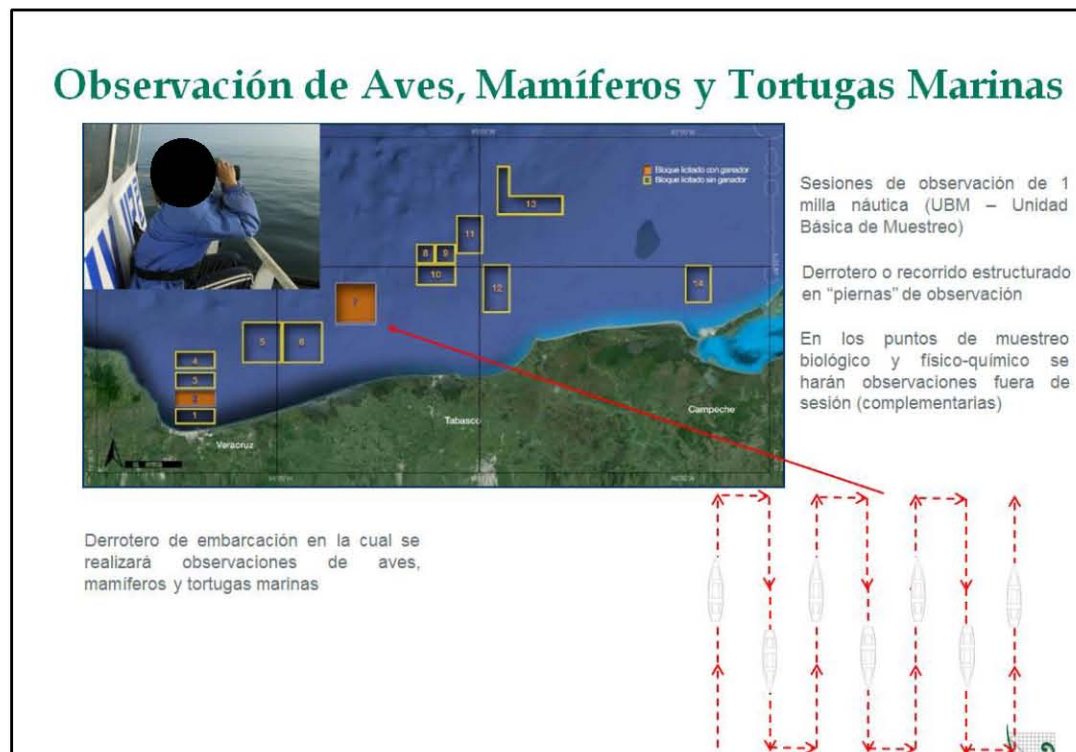




coordenadas de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, estado del tiempo, entre otros. En las estaciones de muestreo se hicieron observaciones complementarias (ver Figura 5.8).

Además, empleando los datos de abundancia obtenidos por cada estación, se procedió a calcular el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Margalef, 1974), el índice de uniformidad de Pielou (Pielou, 1969), conocido también como índice de equidad ( $J$ ), y el índice de riqueza de Margalef ( $DMg$ ).

Para categorizar a las especies registradas se tomaron en cuenta las listas de Protección Nacional del año 2010 y las listas de Conservación Internacional correspondientes al año 2015. La lista nacional corresponde a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Mientras que las listas internacionales corresponden a la *La Lista Roja de Especies Amenazadas™ de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN*, Los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre - CITES y los Apéndices de la Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres - CMS.



Fuente: ERM, 2016





Figura 5.8 Metodología de Evaluación de Aves Marinas

5.3.5 Mamíferos y tortugas marinas

La observación de mamíferos y tortugas marinas se realizó utilizando binoculares Celestron® 10 x 50 Upclose G2. Los individuos fueron registrados en un ángulo de 180° con respecto a la proa del barco. El conteo se llevó a cabo utilizando un contómetro de mano o Tally Counter, y la identificación se realizó *in situ* con la ayuda de guías especializadas (Para la determinación de especies se consultó Leatherwood et al. (1988) y Jefferson et al. (1993). Esta evaluación se llevó a cabo durante todo el itinerario (derrotero) del crucero Bio-oceanográfico en el Área Contractual 7.

Para la comunidad de tortugas y mamíferos marinos se determinó su composición específica y la abundancia. Asimismo, se describió la ubicación, distribución y diversidad de las especies marinas identificadas. Además, se identificaron aquellas especies categorizadas en alguna lista de conservación (nacional y/o internacional).

A fin de determinar una abundancia relativa, se establecieron unidades básicas muestrales (UBM) de 1 milla náutica, la cual fue implementada en un recorrido en “piernas” de muestreo. Se registró la especie, el número de individuos, las coordenadas de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, dirección, estado del tiempo, entre otros. En las estaciones de muestreo se hicieron observaciones complementarias (ver Tabla 5.7, Figura 5.9).

Para categorizar a las especies registradas se tomaron en cuenta las listas de Protección Nacional del año 2010 y las listas de Conservación Internacional correspondientes al año 2015. La lista nacional corresponde a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Mientras que las listas internacionales corresponden a la La Lista Roja de Especies Amenazadas™ de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN, Los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre - CITES, y los Apéndices de la Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres - CMS.

Tabla 5.7 Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas

Metodología: Observación Directa en Transectos en Línea (UNOLS, 1999; Wennemer et al., 1998)	
Parámetro a Medir	Unidad
Frecuencia de avistamiento por especie	Nº avistamientos individuos por sp./total de millas recorridas X 100
Tasa de avistamiento por especie	Porcentaje de avistamiento por sp./total de avistamientos
Proporción	Porcentaje de avistamiento por sp./total de individuos

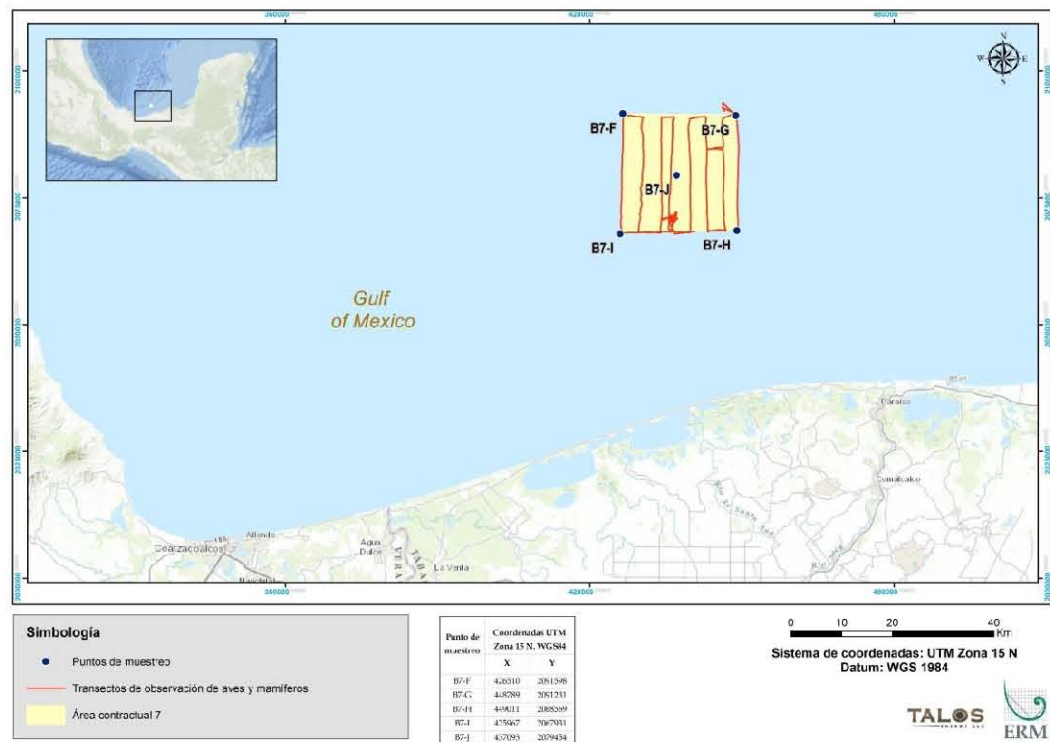


Metodología: Observación Directa en Transectos en Línea (UNOLS, 1999; Wennemer et al., 1998)

Parámetro a Medir	Unidad
Abundancia Relativa	N° de avistamientos de individuos por sp./millas observadas X 100
Comportamiento	Cualitativo
Distribución	Coordenadas (Georreferenciación)

Fuente: ERM, 2015

Además, empleando los datos de abundancia obtenidos por cada estación, se procederá a calcular el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Margalef, 1974), el índice de uniformidad de Pielou (Pielou, 1969), conocido también como índice de equidad ( $J$ ) y el índice de riqueza de Margalef ( $DMg$ ).



Fuente: ERM, 2016

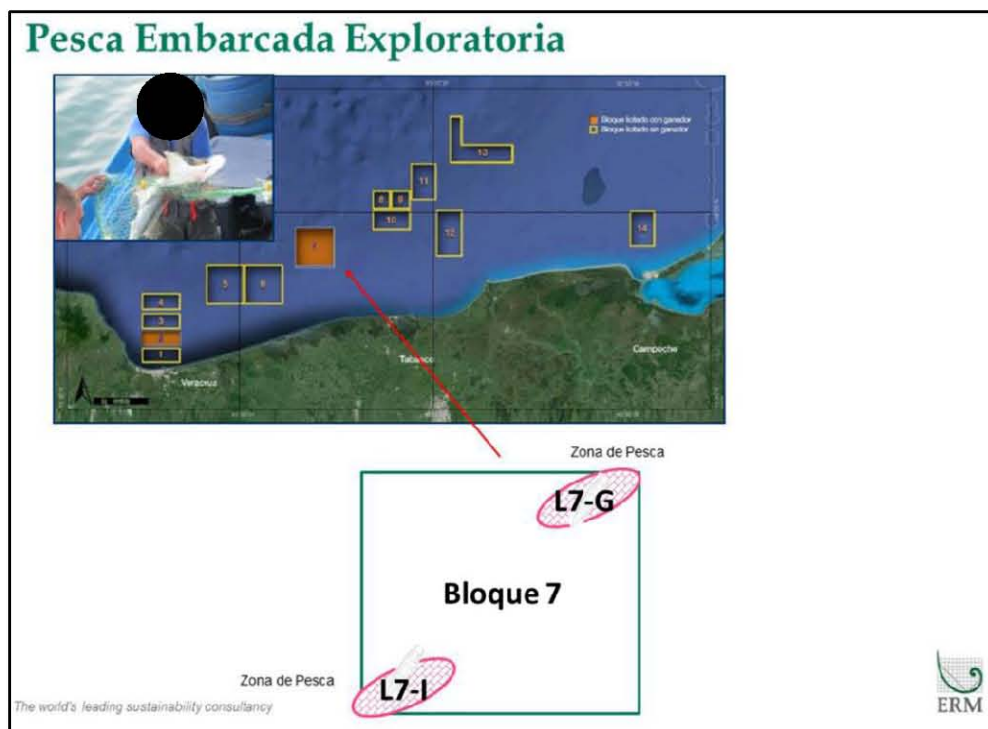
Figura 5.9 Metodología de Evaluación de Tortugas y Mamíferos Marinos

### 5.3.6 Pesca exploratoria

Para la evaluación de pesca exploratoria se utilizaron artes de pesca de baja selectividad, conformado por una agrupación serial de redes denominada “tren de redes agalleras”, el cual incluyó 3 redes superficiales de tamaños de malla de 1, 2 y 3 pulgadas, encabalgadas en serie y sumando una longitud total de 150 m.



Las actividad de pesca se llevó a cabo en dos (02) zonas, cuyas estaciones se denominaron L7-G (vértice nor-este Área Contractual 7) y L7-I (vértice sur-oeste Área Contractual 7), en donde se lanzaron las artes de pesca seleccionadas (ver Figura 5.7).



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.10 Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 7.

Es importante señalar que se contempló el uso de artes de pesca complementarios, tales como cordeles con anzuelos y espineles de fondo. Estos aparejos son empleados por los pescadores artesanales de Veracruz y Tabasco. Dichos artes suelen ser más efectivos en las capturas en la zona evaluada del Área Contractual 7.

La elección de los artes de pesca, el tamaño de la malla y el tamaño de propia red, tiene como objetivo disminuir la selectividad y poder capturar la mayor cantidad de especies y tamaños lo cual que se traduce una captura que tenga mayor representatividad de las especies que habitan la zona evaluada (ver Tabla 5.8)

Tabla 5.8 Características de las redes agalleras empleadas en la pesca exploratoria

Tipo de Red	Red "agallera A"	Red "agallera B"	Red" agallera C"
Diámetro de malla	1 pulgada	2 pulgadas	3 pulgadas
Longitud	100 m	100 m	100 m
Altura de paño	100 mallas	100 mallas	100 mallas
Material	Nylon monofilamento	Nylon monofilamento	Nylon monofilamento





*Fuente: ERM, 2016.*

Para la disposición de los aparejos se consideró la maniobra de arriado (soltado de la red) a velocidad constante, por una de las bandas de la embarcación, y a favor de la corriente, para evitar que se enredara con la quilla y otras secciones de la embarcación, las redes se encuentran encabalgada de acuerdo al tamaño de malla, en orden creciente y/o decreciente. Al inicio y término del arriado se sujeta una boya de señalización para su fácil ubicación. Una vez en el agua se deja a la deriva, vigilando su rumbo, ubicación y controlando el tiempo de disposición el agua “calado” con el empleo de un navegador GPS.

De las capturas de los peces y una vez identificados, se obtuvieron parámetros biológicos tales como;

- Longitud Total (LT)
- Longitud Perpendicular (LP)
- Masa (g)
- Sexo y Estadio Gonádico.

Estas mediciones se hicieron mediante el uso de un ictiómetro escalado hasta 30 cm, flexómetro de 5 m (especies de mayor tamaño), balanza digital de precisión 0.5 g y una balanza de resorte “romana” de 12 kg para el registro de especies de mayor peso.

Con los registros obtenidos de las capturas se determinaron parámetros pesqueros contemplados en la propuesta metodológica, los mismos que se detallan en la Tabla 5.9.

**Tabla 5.9** *Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 7.*

Parámetro a medir	Metodología	Unidad
Diversidad Relativa	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº especies/horas de captura
Abundancia Relativa	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº individuos por sp./horas de captura
Biomasa de Capturas (CPUE)	FAO, 1986	gr/horas de captura





Parámetro a medir	Metodología	Unidad
Talla de Capturas	Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Noroeste (CIPAN), 1985	Longitud total/individuo
Estadio Reproductivo	Holden y Raitt (1975) y Culquichicon <i>et al.</i> (1983)	Tabla de Holden y Raitt

Fuente: ERM, 2015

### 5.3.7

#### *Efectos biológicos*

La evaluación de efectos biológicos se estructuró en base a la siguiente estrategia metodológica:

**Revisión bibliográfica.-** En esta etapa se revisó y analizó aquella información secundaria relevante y aplicable al ecosistema evaluado, potenciales contaminantes (metales e hidrocarburos) en la matriz sedimento marino, así como estudios e investigaciones realizadas en torno a la potencial toxicidad de sedimentos contaminados sobre la biota acuática.

**Determinación de la calidad del sedimento marino.-** En esta etapa, se colectaron muestras de sedimento marino (información primaria), para lo cual se evaluaron seis puntos de muestreo, en las siguientes coordenadas (Ver Tabla 5.2).

#### **Análisis de resultados con Normas de Referencia.-**

Con la finalidad de determinar un probable efecto biológico producto de las concentraciones de metales e hidrocarburos en sedimento marino obtenidos de los análisis de laboratorio y al no existir estándares de calidad ambiental nacionales, se utilizaron normas de referencia internacionales tales como la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) promulgada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, 1995). De acuerdo a la CCME, estas directrices de calidad de sedimentos proporcionan indicadores científicos o puntos de referencia para evaluar el potencial de efectos biológicos adversos en los ecosistemas acuáticos. Las directrices se derivan de la información toxicológica disponible de acuerdo con el protocolo oficial establecido por la CCME.

Asimismo, se utilizó la SQuiRTs de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA por su acrónimo en inglés) y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a las valores meta holandesas y de intervención (2000).



## 6. Resultados

### 6.1. Generalidades

#### 6.1.1 *Contexto regional*

El Golfo de México, está ubicado en la zona de transición entre el clima tropical y subtropical, entre los 18° y 30° N y 82° y 98° W. Es una cuenca semicerrada que se comunica con el mar Caribe y el océano Atlántico a través del Canal de Yucatán y del Estrecho de Florida, respectivamente (Monreal-Gómez et al., 2004).

Tiene un área de  $1.6 \times 10^6 \text{ km}^2$  y un volumen cercano a  $2.3 \times 10^6 \text{ km}^3$ ; su batimetría varía considerablemente, alcanzando profundidades cercanas a los 4,000 m en su porción central (Toledo-Ocampo, 2005). La parte Occidental tiene una extensión de Norte a Sur de 1,300 km, mientras que las regiones centrales y orientales promedian 900 km (Lara-Lara et al., 2008); esta bordeado por cinco estados mexicanos: Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.

Es un sistema de importancia ecológica, pesquera e industrial debido a su alta diversidad de especies, su gran potencial pesquero y por la explotación de hidrocarburos. Más del 80% del petróleo y más del 95% del gas natural mexicano se producen en las costas del golfo de México (Lara-Lara et al., 2008). En él se alberga una gran variedad de ambientes costeros y marinos entre los que destacan los cayos, islas de barrera, dunas, playas, ríos, deltas, lagunas costeras, humedales, manglares, arrecifes, bancos carbonatados, infiltraciones frías y zonas de oxígeno mínimo (Lara-Lara et al., 2008; Escobar-Briones y Jiménez-Guadarrama, 2010).

La zona recibe un importante aporte de agua dulce, ya que desembocan las descargas de los principales ríos de Norteamérica: la sección mexicana recibe el 60% de la descarga nacional de los ríos y tiene el 75% de la superficie de ambientes estuarinos (Botello, Villanueva, & Díaz, 1997); por parte de Estados Unidos, el Río Mississippi descarga un promedio de  $580 \text{ km}^3$  de agua dulce por año en el norte del Golfo de México y es responsable de cerca del 90% del influjo de agua dulce hacia el Golfo de México (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

La superficie del Golfo de México, incluyendo el cuerpo de agua y los humedales costeros de México y Estados Unidos, es de alrededor de  $1,942,500.00 \text{ km}^2$  y la profundidad promedio del Golfo cercana a los 1,615 m, y el volumen de agua es aproximadamente  $2,434,000 \text{ km}^3$ . La zona costera del Golfo, tanto de México como de los Estados Unidos, contiene más de 200 sistemas lagunares-estuarinos. Más del 75 % del total nacional de humedales costeros de ambas naciones se localiza en el Golfo de México (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

La estacionalidad climática en el Golfo de México se caracteriza por un periodo de secas de febrero a mayo, uno de lluvias de verano de junio a octubre, este con



presencia de depresiones tropicales y uno de frentes fríos anticiclónicos conocidos como nortes de octubre a febrero. La intensidad de estos tres periodos está variando por efectos del cambio climático (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

En cuanto a la productividad natural del Golfo de México, esta depende de las interacciones de procesos terrestres y marinos que convergen en la zona costera, condicionado por los procesos climático meteorológicos e hidrológicos (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

Se considera que el Golfo de México es oligotrófico en la capa superficial debido a la concentración de nutrientes y de clorofila-a; sin embargo estos valores son más altos en las aguas costeras y la nutriclina (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

Respecto a la pesca, la zona costera del Golfo contiene un gran número de sistemas lagunares los cuales fungen como zonas de protección, reproducción y áreas de crianza de recursos pesqueros estuarinos- dependientes. Lo anterior corresponde al 40% de la captura comercial de peces (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

El Golfo de México también es un área de gran diversidad de especies de aves, se estima que se encuentran más de 200 especies en esta región de las cuales el 22% son marinas y el 50% son terrestres; estas últimas obtienen su alimento en la zona costero- marina (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

Respecto a la presencia de mamíferos marinos se ha documentado la presencia de al menos 25 especies entre las que se encuentran los cetáceos. Dentro de este grupo las ballenas son animales que generalmente habitan aguas con profundidades mayores a 200 m. Las toninas, por lo contrario, son animales que se pueden encontrar sobre la plataforma continental cerca de la costa (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

Los bentos son otro grupo de organismos acuáticos que tienen gran presencia en el Golfo de México de tal manera que se consideran organismos con una biodiversidad potencial elevada comparable a ecosistemas terrestres ricos tales como las selvas tropicales (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

## 6.1.2 *Contexto local*

### 6.1.2.1 *Ubicación del Área Contractual con relación a las regiones de gestión ambiental*

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe publicado en el DOF el 24 de noviembre de 2012 el Área Contractual 7 se encuentra dentro de la Unidad de Gestión Ambiental #165 en la Subregión Zona Costera Inmediata Sur del Golfo de México a la cual se le aplican diversos criterios ecológicos de los cuales solo los aplicables a este tipo de estudio y actividad describen en la Tabla 6.1.





Tabla 6.1 *Criterios de Regulación Ecológica*

Clave	Descripción
ZGS-01	Evitar la afectación a pastos marinos derivado de actividades o proyectos. Considerar que los estudios de impacto Ambiental requeridos demuestren la no afectación a estos organismos.
ZGS-02	La captura de ejemplares de mamíferos marinos, aves y reptiles se permitirá únicamente con fines de investigación, conservación o preservación.
ZGS-05	Se debe evitar el vertimiento de hidrocarburos u otros residuos peligrosos en el cuerpo de agua.

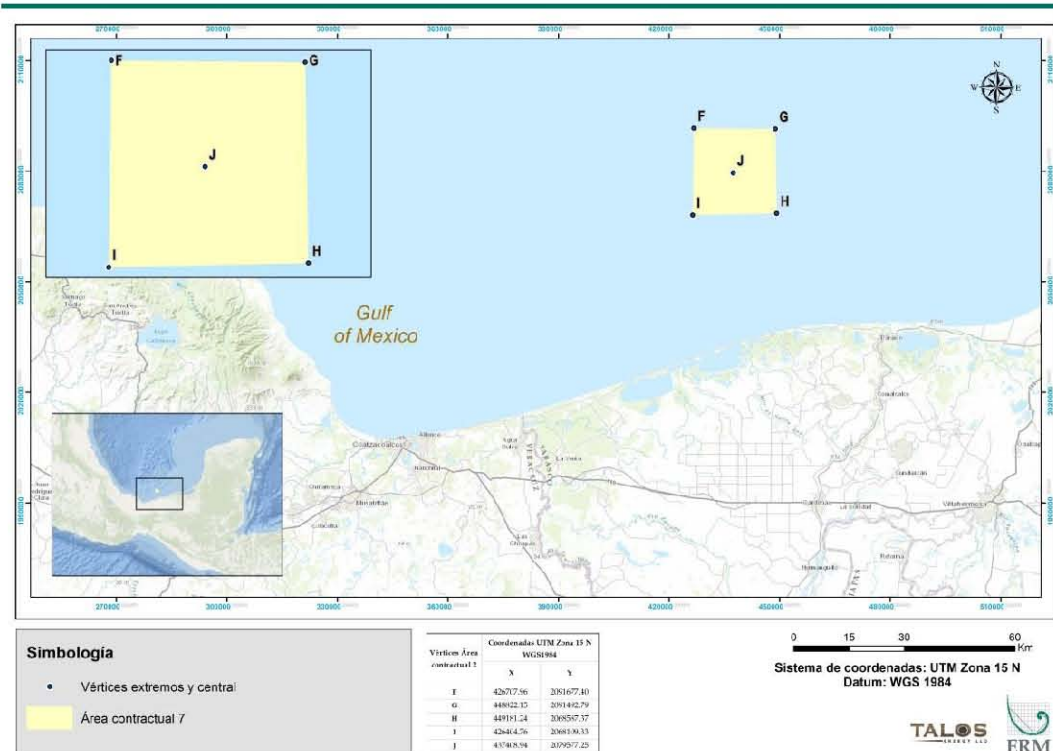
Fuente: POEM, 2012

### *Área de estudio*

El Área Contractual 7 se encuentra contigua al Área Económica Exclusiva mexicana a una distancia aproximada de 33 km (18.3 millas náuticas) de las costas de Tabasco. Dicha área se encuentra dentro de la zona marina de competencia federal y tiene un área aproximada de 460 km<sup>2</sup>. Los vértices de dicha zona han sido previamente indicados en la metodología del presente documento.

El área de estudio corresponde al Área Contractual 7 y dentro de esta se realizaron los puntos de muestreo. Estos se definieron tomando en cuenta los vértices extremos y centro. Estos puntos se seleccionaron con base en las condiciones batimétricas y sedimentológicas que respaldan la representatividad de las muestras tomadas debido a la uniformidad y continuidad del área. Así mismo, tal como se describe en las secciones subsecuentes, las condiciones meteorológicas, pluviométricas e hidrodinámicas son constantes dentro de dicha área, por lo que la calidad ambiental del área de estudio puede ser estimada a partir de los puntos de muestreo establecidos. El área de estudio por tanto corresponde al área contractual y se muestra en la Figura 6.1.





Fuente: ERM, 2016

Figura 6.1 Área contractual y área de estudio

## 6.2. Medio abiótico

### 6.2.1 Geología regional

Las costas del golfo de México han sido clasificadas en cuatro grandes unidades morfotectónicas continentales (Carranza *et al.*, 1975). La primera de ellas comprende: una extensión de 700 km, desde la desembocadura del río Bravo hasta Punta Delgada, Veracruz; se trata de una costa de mar marginal. La segunda cubre 300 km y se extiende desde Punta Delgada hasta la desembocadura del río Coatzacoalcos, Veracruz. También se trata de una costa de mar marginal con depositaciones subaéreas que forman dunas y cuyas porciones secundarias están constituidas por algunas formaciones arrecifales. La tercera se localiza entre el delta del río Coatzacoalcos y la porción oriental de la laguna de Términos, Campeche. Tiene una extensión de 179 km y se caracteriza por la presencia de deltas como los del río Tonalá, Grijalva-Mezcalapa, San Pedro y San Pablo. La cuarta y última unidad comprende 1,100 km, desde la Isla Aguada (Campeche), hasta Chetumal (Quintana Roo). Al igual que las anteriores, es una costa de mar marginal que presenta numerosos cañones y sumideros, con depositaciones marinas que originan playas e islas de barrera que dan lugar a las



principales formaciones arrecifales de México. Cabe destacar que el Área Contractual 7 se ubica dentro de las unidades morfoestructónicas número dos y tres.

La plataforma continental es una de las mayores morfoestructuras del piso oceánico del golfo de México. Es amplia frente a la planicie costera y estrecha frente a los macizos montañosos paralelos a la costa. Está constituida por numerosas depresiones, lomeríos, montañas, bancos coralinos, escarpes y por algunos cañones submarinos.

#### 6.2.2

#### *Geomorfología regional*

Según el modelo de apertura del Golfo de México, esta provincia evolucionó a partir de una etapa de “rifting” que desarrolló altos y bajos de basamento en el Triásico Tardío - Jurásico Medio, pasando después a la etapa de deriva hasta principios del Cretácico Temprano. Durante esta etapa, el Bloque Yucatán junto con el Macizo de la Sierra de Chiapas y la Cuenca de Sureste, se desplazaron rotando en contra de las manecillas del reloj hasta su alcanzar su posición actual en el Berriasiano (Buffler y Sawyer, 1989; Salvador, 1987; Pindell et al., 1985, 2002, 2008).

La Orogenia Laramide afectó levemente el sur del área desde finales del Cretácico hasta el Eoceno y estuvo relacionada al desplazamiento del bloque Chortis hacia el sureste a través del sistema de fallas Motagua-Polochic, ocasionando una deformación compresiva en la secuencia mesozoica y paleógena del Cinturón Plegado de Chiapas, áreas que hoy constituyen el Golfo de Tehuantepec y la Sierra de Chiapas se levantaron causando transporte de sedimentos hacia el norte (Pindell, 2002), la llegada de estos sedimentos y cabalgamientos reactivaron la tectónica salina con la actividad de diapiros y paredes de sal que se emplazaron en o cerca del fondo marino hasta el Mioceno temprano.

Con la continuación del desplazamiento del Bloque Chortis y el establecimiento de la subducción de la Placa de Cocos en el sur-sureste, se originó la Orogenia Chiapaneca durante el Mioceno medio-tardío, la cual produjo mayor deformación del Cinturón Plegado de Chiapas, este acortamiento fue transferido hacia el norte generando un cinturón plegado en la mayor parte del área, con pliegues orientados noroeste-sureste que afectan a las rocas del Jurásico Tardío al Mioceno temprano. El límite oriental de este cinturón plegado lo constituyó una rampa lateral, ubicada en el borde oriental de la actual cuenca de Macuspana, generando transtensión dextral (Pindell et al., 2002).

Para finales del Mioceno medio, la llegada de los aportes sedimentarios provenientes del Batolito de Chiapas y el Cinturón Plegado de Chiapas en la zona de fallamiento transtensional, localizado en el límite con la Plataforma de Yucatán, disparó el inicio del sistema extensional con la formación de la cuenca de Macuspana. Esta fase extensional puede ser la responsable de la formación del Cinturón Plegado de Catemaco y los pliegues del área de Agua Dulce.





Posteriormente, en el Plioceno, se magnifica la tectónica gravitacional hacia el noroeste debido a la carga sedimentaria y a la evacuación de sal, que dio lugar a la formación de la sub-cuenca de Comalcalco y terminó por conformar la cuenca de Macuspana. Este régimen distensivo redefinió los plegamientos de Catemaco y produjo la formación de pliegues y fallas orientados noreste-suroeste con inflación de sal y compresión de los diapiros y paredes de sal, como un sistema ligado extensión-contracción en el sector de aguas profundas del sur del Golfo de México (Robles et al., 2009, Cruz et al., 2010).

Estos movimientos tectónicos estructuraron las secuencias del Mioceno y Plioceno, productoras en las Provincias Salina del Istmo, Comalcalco y Macuspana.

Todos estos eventos tectónicos que actuaron en la Provincia Petrolera Sureste en diferentes tiempos y con diferentes direcciones de esfuerzos, generaron estilos estructurales sobrepuestos que conformaron el marco tectónico estructural complejo en el sureste de México y el área marina somera y profunda del sur del Golfo de México

### 6.2.3

#### *Geología y geomorfología local*

De forma general la provincia petrolera del sureste, en la que se encuentra el Área Contractual 7, se subdivide en tres provincias geológicas:

**1. Salina del Istmo.-** corresponde a la porción sur de la Provincia Salina del Istmo, que abarca desde el frente de la Sierra de Chiapas en el sur hasta la isobata de 500 m al norte, limitando al oeste con la Cuenca de Veracruz y al este con el Pilar Reforma-Akal. Esta provincia incluye en su porción sureste a la sub-cuenca de Comalcalco, por su origen asociada a la carga de sedimentos y evacuación de sal. Estructuralmente se caracteriza por diapiros, paredes, lengüetas y toldos de sal que dieron lugar a la formación de cuencas por evacuación de sal, tales como la de Comalcalco, y minicuenas entre cuerpos salinos. Las rocas mesozoicas y paleógenas están estructuradas ya sea por plegamiento y fallamiento con dirección noreste-suroeste y vergencia hacia el noroeste o por rotación de capas en los pedestales de los diapiros salinos; mientras que en el Terciario se presentan estructuras dómicas asociadas a masas salinas, fallas lítricas con inclinación al noroeste que afectan incluso hasta el Mesozoico y fallas lítricas contra-regionales con inclinación al sureste (Oviedo-Pérez, 1998; Gómez-Cabrera, 2003; Robles-Nolasco et al., 2004; Soto-Cuervo et al., 2004; Cruz et al., 2010).

**2. Pilar Reforma-Akal.-** está limitado al oeste por el sistema de fallas Comalcalco y al este por el sistema de fallas Frontera, el alineamiento de diapiros arcillosos Amate-Barrancas y la falla Topén -Nispero; limita al sur con el Cinturón Plegado de la Sierra de Chiapas y al norte con la Plataforma de Yucatán. En el ámbito de esta provincia existen estilos estructurales sobrepuestos: el primero se caracteriza por un estilo de bloques rotados y afallados y salt rollers de edad Jurásico Tardío - Cretácico Temprano y se localiza en el borde oriental marino del pilar; el



segundo está relacionado a compresión de la cubierta sedimentaria de edad Mioceno medio-tardío y se expresa como una cobijadura en el Alto de Jalpa; el tercero y más importante está representado por pliegues y cabalgaduras orientados noroeste-sureste con vergencia al noreste de edad Mioceno medio-tardío, que despegan en horizontes arcillosos y evaporíticos del Oxfordiano y Calloviano, que afectan rocas mesozoicas, del Paleógeno y del Mioceno temprano-medio; y el último identificado en el Neógeno, corresponde a un estilo de fallas lístricas con caída al noroeste, que despegan en el límite Oligoceno-Mioceno (Ángeles-Aquino et al., 1994; Aquino et al., 2003; González et al., 2004; Martínez-Kemp et al., 2005<sup>a</sup>; Cruz et al., 2010).

**3. Macuspana** .- limitada al este-sureste por un sistema de fallas normales que la separa de la Plataforma de Yucatán, destacando la falla Xicalango, al noroeste - oeste por el sistema de fallas Frontera, el alineamiento diapírico de Amate-Barrancas y la falla Topén-Nispero, y al sur por el Cinturón Plegado de Chiapas. Esta sub-provincia se caracteriza por fallas lístricas del Mioceno-Plioceno temprano de orientación noreste-suroeste e inclinación al noroeste con anticlinales rollover asociados a la evacuación de arcillas del Oligoceno, en la porción marina estas fallas rompen y desplazan al noroeste las rocas del Mesozoico a manera de un sistema de "raft" poniendo en contacto la sal jurásica con sedimentos del Oligoceno. Hacia su borde occidental ocurren fallas lístricas del Plioceno tardío-Pleistoceno con orientación noreste-suroeste e inclinación hacia el sureste y anticlinales elongados y apretados del Plio-Pleistoceno asociados a la inversión de las fallas lístricas del Mioceno (Cruz et al., 2010).

#### 6.2.4 *Clima y meteorología*

##### 6.2.4.1 *Clima*

En la costa mexicana del Golfo de México, la estacionalidad climática-meteorológica se caracteriza por un periodo de secas de febrero a mayo, uno de lluvias de verano de junio a octubre con presencia de depresiones tropicales y uno de frentes fríos anticiclónicos (nortes) de octubre a febrero (Wiseman y Sturges, 1999) (Tabla 6.4).

Estos tres periodos son constantes pero se traslapan de manera relativa, y su intensidad varía por efectos del cambio climático global.

El clima dominante en la región del Área Contractual es de tipo Amw, caliente subhúmedo con lluvias en verano; presentando una temperatura media anual de 26°C. El promedio de la temperatura anual registrada para Tabasco, en la estación meteorológica Paraíso, en el periodo comprendido entre 1951-2010, presenta un valor de 30.7 °C (Tabla 6.2 y Gráfica 6.1) (CONAGUA, 2010).

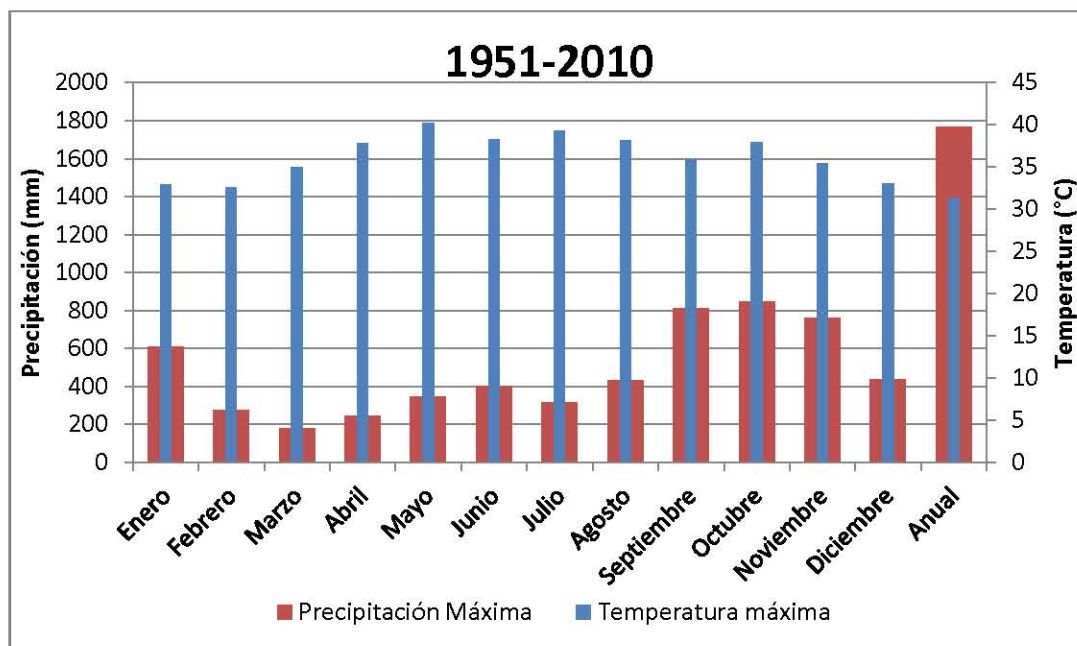




Tabla 6.2 *Temperatura máxima, estación meteorológica Paraíso, Tabasco*

Temperatura máxima mensual en el periodo comprendido entre 1951-2010					
Mes	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	26.7	32.9	1991	38	27
Febrero	27.9	32.6	1991	38	27
Marzo	31	35	1991	40	27
Abril	32.9	37.8	1991	48	28
Mayo	34.9	40.2	2005	46	26
Junio	34	38.3	2003	44	27
Julio	33.5	39.3	1991	41	26
Agosto	33.5	38.2	1991	40	25
Septiembre	32.3	35.9	1990	39	26
Octubre	31.3	38	1991	40	26
Noviembre	29.5	35.4	2005	37	26
Diciembre	27.3	33.1	1990	36	25
Anual	31.2				

Fuente: CONAGUA, 2010.



Fuente: CONAGUA, 2010.

Gráfica 6.1 *Climograma del periodo 1951-2010. Estación meteorológica Paraíso.*



## 6.2.5

### *Temperatura media anual y mensual*

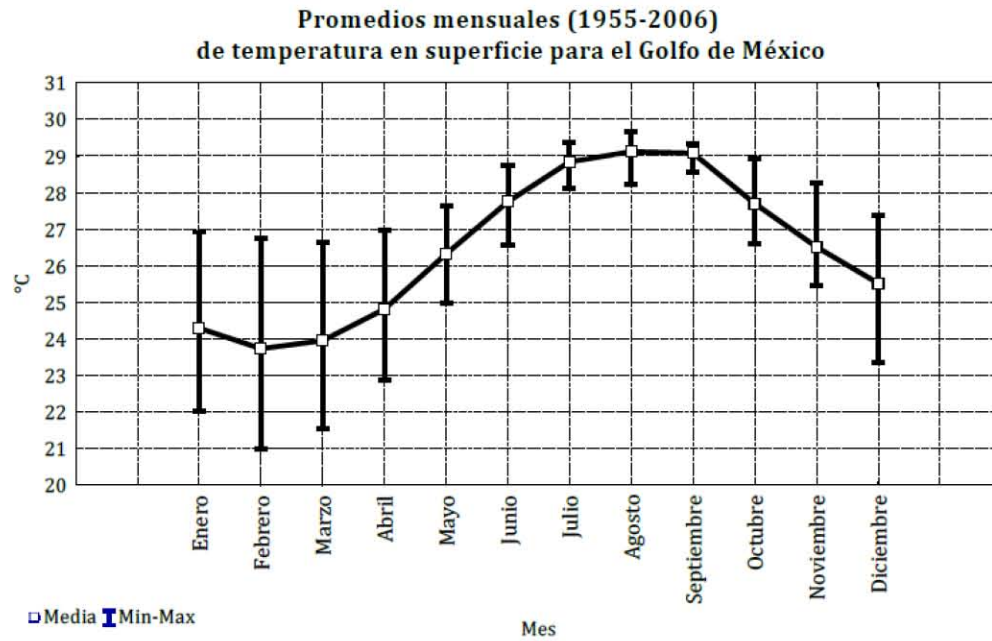
No se encontraron valores de temperatura media exclusivamente para el Área Contractual, sin embargo, tal como se describió anteriormente, las condiciones en el Golfo son relativamente uniformes.

Los valores de temperatura superficial del océano (TSO) registrados mensualmente para la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México de 1955<sup>5</sup> a 2006 reflejan una temporalidad estacional en los datos. La temperatura superficial del océano varió entre los 21 °C (valor mínimo registrado en febrero) hasta los 27 °C (valor máximo registrado en agosto). Con los intervalos de variación mensual de TSO a lo largo del año; se identificó una temporada fría en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (invierno) donde se registran valores desde los 24°C hasta los 26°C (Figura 6.2).

La disminución de temperatura registrada en esta temporada podría estar influenciada por la temporada de Nortes. Cabe resaltar que durante estos meses existe un gradiente de temperaturas más marcado entre la zona Este y Oeste del Golfo de México, donde la región Oeste presenta valores alrededor de 4°C menores que la región Este (Figura 6.3, Figura 6.4 y Figura 6.5) (De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004).

---

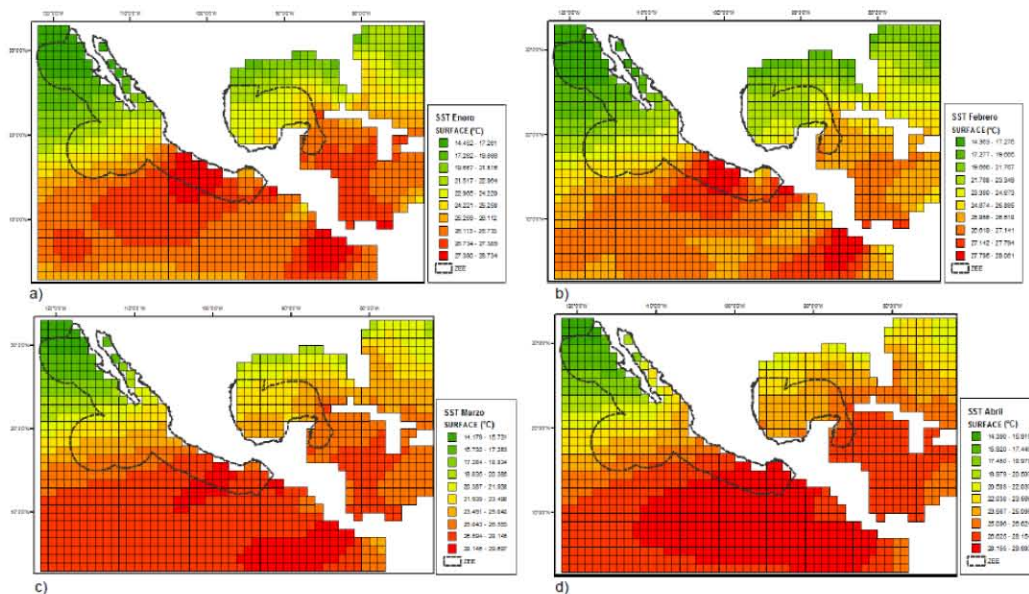
<sup>5</sup> La mayor parte de la información disponible para la elaboración de este estudio, corresponde a la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México



Nota: las barras representan los valores mínimos y máximos.

Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

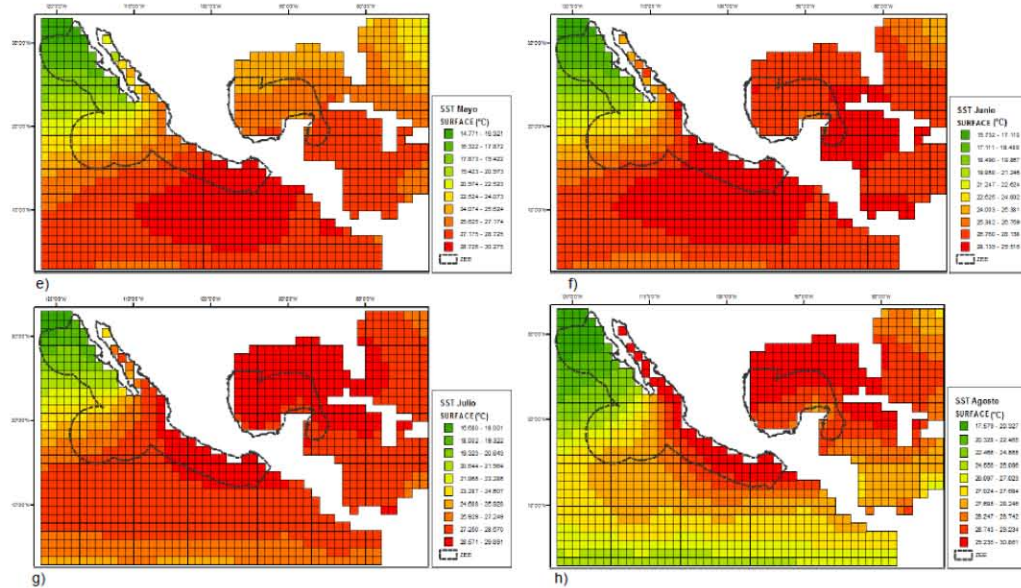
Figura 6.2 Variación mensual del promedio de temperatura superficial del océano (°C)



Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

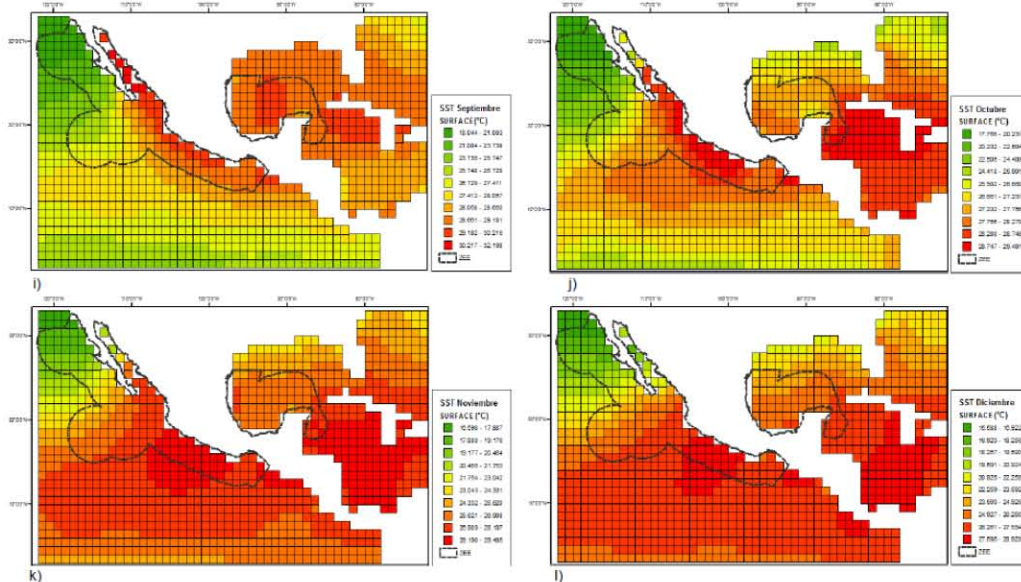
Figura 6.3 Temperatura superficial (°C): a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril.





Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

Figura 6.4 Temperatura superficial (°C): a) mayo, b) junio, c) julio, d) agosto



Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

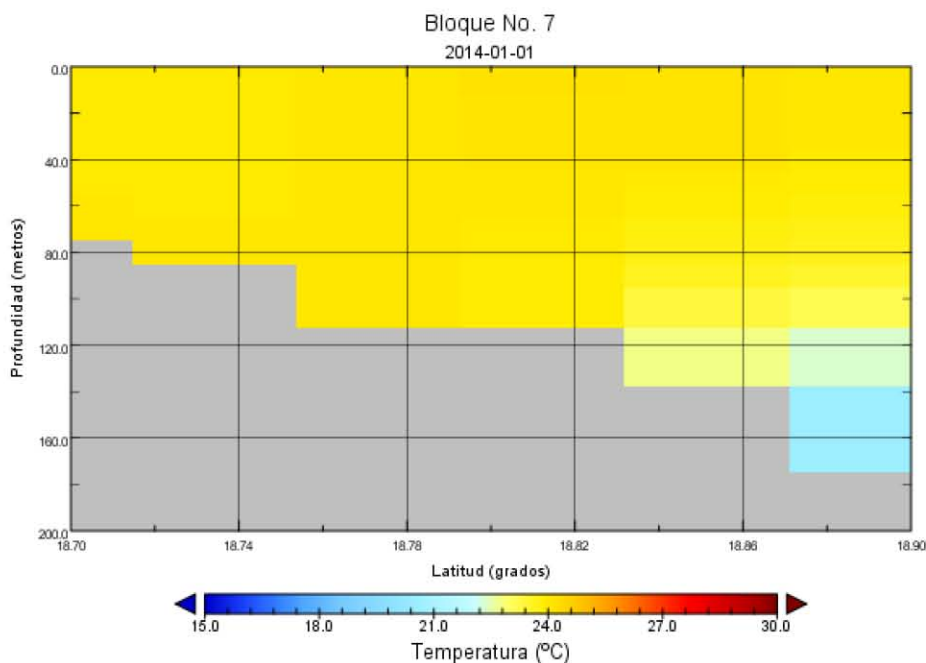
Figura 6.5 Temperatura superficial (°C) i) septiembre, j) octubre, k) noviembre, l) diciembre.

Por tanto, de manera general la temperatura del agua, esta se caracteriza por presentar temperaturas de entre 28 °C y 29 °C en verano con incrementos de noroeste a sureste en las aguas superficiales. Por otro lado, en invierno durante la temporada de nortes, la temperatura del agua superficial disminuye hasta los 18





°C y 19 °C debido a los vientos provenientes del norte, los cuales ponen resistencia a las aguas cálidas provenientes del sureste (De la lanza y Gómez, 2005). En la Figura 6.6 se presenta un ejemplo de perfil térmico (1 de enero del 2014) generada del modelo HYCOM para el área en donde se ubica el Área Contractual 7.



Fuente: Ajustado de HYCOM, 2016

Figura 6.6 Ejemplo perfil térmico para el el Área Contractual 7 generada del modelo HYCOM

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la campaña de muestreo de línea base, se pudo observar que el rango de temperatura fue de 12.8 en la muestra más profunda a 314 m de profundidad y la máxima a 24.5 °C en un muestras superficial. Los resultados superficiales se encuentran ligeramente (1°C) arriba del promedio reportado para la zona en esta época del año.

#### 6.2.5.1 Precipitación media anual y mensual

La precipitación promedio anual en las costas de Tabasco oscila entre 1,100 y 2,000 mm (García, 2004). El promedio de los datos registrados para la precipitación en el periodo comprendido entre 1951-2010, en la estación meteorológica Paraíso (Lat. 18°04'00" N, Long. 94°25'00" W) es de 2, 626.4 mm (Tabla 6.3) (CONAGUA, 2010).



Tabla 6.3 Valores de precipitación media anual y mensual estación meteorológica Paraíso

Valores de precipitación media anual y mensual correspondientes al periodo comprendido entre 1951-2010					
	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	136.5	611.2	2007	200.5	29
Febrero	93.8	240.7	2002	156.4	28
Marzo	30.8	108.3	1993	41	29
Abril	36.5	192.4	1996	121.4	30
Mayo	51.3	219.7	2004	94.4	28
Junio	118.4	332.6	2002	106.5	27
Julio	94.2	247.3	1998	80.1	26
Agosto	146.1	394.2	1995	167.4	25
Septiembre	249.1	645.3	2000	287.5	27
Octubre	320.4	845.7	1999	244.2	25
Noviembre	221.5	759.4	2009	339	26
Diciembre	185.8	435.6	1999	180.2	26
Anual	1684.4				

Fuente: Tomado de CONAGUA, 2010

#### 6.2.5.2 Humedad relativa

De forma regional se muestrea en la Figura 6.7 la humedad relativa de México en el periodo de 1941-1970, en la cual se distinguen 3 tipos de humedad: 1) tipo húmedo, con valores superiores al 70%; 2) tipo medio, con valores entre 65 y 70%; 3) tipo seco, con valores inferiores al 65% (Capel-Molina, 1980).

En un contexto más local sobre el Área Contractual, se reporta una humedad relativa promedio de 70%. De acuerdo con datos de CONAGUA la humedad relativa en la zona varía entre 72 y 81% entre los años 1981 y 2000.



Tabla 6.4 Promedio estatal climatológico

Parámetro	Normales climatológicas Paraíso, Tabasco. Periodo 1951-2000												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Latitud N. 18°23'44" Longitud W. 93°12'44" Altitud 6.0 msnm Observatorio sinóptico Dependencia: SMN-CNA													
<b>Temperatura</b>													
Promedio de máxima	32.9	32.6	35	37.8	40.2	38.3	39.3	38.2	35.9	38	35.4	33.1	32.9
Media	22.7	23.7	26.1	27.8	29.1	28.8	28.5	28.5	27.8	26.7	25.2	23.4	22.7
Promedio de mínima	18.4	19.1	20.8	22.4	23.5	23.7	23.5	23.4	23.1	22.4	20.9	19.2	18.4
Mínima extrema	13.7	14.1	17.3	19.4	19.4	20.9	21	20.7	20	18.4	18.1	15.8	13.7
<b>Precipitación</b>													
Máxima	611.2	275	182.2	247.5	344.8	401.1	315.4	432.4	811.9	845.7	759.4	435.6	611.2
Evaporación total	69.2	74.1	112.4	133.5	154.8	133	132.9	131.2	112.4	97.4	80	72.4	69.2
Granizo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tormenta eléctrica	0	0	0	0	0.3	0.8	1.2	1	1.2	0.6	0.2	0	0
Niebla	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.7	0.6
Unidades: Temperatura (°C), humedad relativa (%), precipitación y evaporación (mm), presión (mb), viento m/s) y fenómenos especiales (días)													

Fuente: CONAGUA, 2010



Fuente: Tomado de Capel-Molina, 1980

**Figura 6.7** División de México, según los valores anuales de la humedad relativa. Periodo: 1941-1970. Se distinguen 3 tipos: 1) tipo húmedo (F), con valores superiores al 70%; 2) tipo medio (M), con valores entre 65 y 70%; 3) tipo seco (T), con valores inferiores al 65%

Los valores máximos de humedad relativa en Tabasco se presentan durante la estación de primavera, mientras que los valores mínimos se reportan en otoño.

### 6.2.5.3 Evaporación media anual

El valor máximo de la evaporación media mensual registrada para el área cercana al Área Contractual 7 (Paraíso, Tabasco) en el periodo entre 1956-1999 se presentó durante el mes de mayo y el valor mínimo durante los meses de diciembre y enero (Tabla 6.5).

**Tabla 6.5** Evaporación mensual y promedio anual en la estación meteorológica Paraíso.

<i>Evaporación mensual y promedio anual en el periodo comprendido entre 1971-2000</i>		
	Normal	Años con datos
Enero	72.2	19
Febrero	73.9	20





<i>Evaporación mensual y promedio anual en el periodo comprendido entre 1971-2000</i>		
Marzo	114.8	18
Abril	125.5	19
Mayo	152.6	19
Junio	127.6	20
Julio	133.3	19
Agosto	130.7	18
Septiembre	112.1	17
Octubre	97.9	19
Noviembre	79.9	18
Diciembre	72.4	17
Anual	1292.9	

*Fuente: CONAGUA, 2010.*

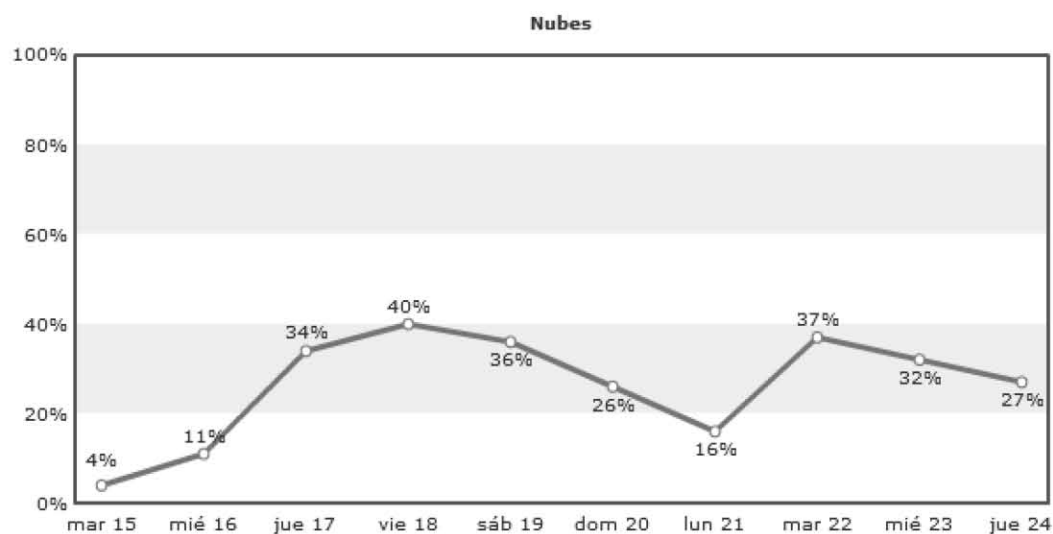
#### 6.2.5.4 *Nubosidad promedio anual*

En el Golfo de México se ha observado la presencia de tipos particulares de nubes durante un evento de Nortes. Antes del fenómeno, se observa la formación de nubes y su agrupación sin distinguirse algún tipo particular, sin embargo durante los Nortes se presentan nubes de tipo cumulus y cumulonimbus (Texas A&M University, 2007).

La búsqueda de información referente a la nubosidad en el Sur del Golfo de México, muestra mediante datos precisos y recientes que durante la segunda mitad del mes de diciembre (2015), la nubosidad en el estado de Tabasco se



mantiene de forma general entre el 4 -40% (Figura 6.9 y Tabla 6.6)



Fuente: SMN, 2015

**Figura 6.8** Promedio de la nubosidad diaria en el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 7

**Tabla 6.6** Promedio de la nubosidad durante el mes de diciembre (2015) para el área de estudio (Paraíso, Tabasco)

Fecha	Nubosidad (%)
15 Diciembre	4
16 Diciembre	11
17 Diciembre	34
18 Diciembre	40
19 Diciembre	36
20 Diciembre	26
21 Diciembre	16
22 Diciembre	37
23 Diciembre	32
24 Diciembre	27

Fuente: SMN, 2015

Tal como se mencionó anteriormente, la época en la que se realizó el estudio de línea base corresponde a la temporada de eventos norte, por lo que la nubosidad es por lo general superior al promedio anual.



#### 6.2.5.5

#### *Eventos extremos (Ciclones, Huracanes, tormentas y depresiones tropicales, etc.)*

La zona del Golfo de México se caracteriza por la abundancia de eventos meteorológicos extremos a lo largo del año. Dicho fenómeno se constató durante las actividades de línea base ya que la fecha inicial programada tuvo que ser aplazada por cierre de puertos a la navegación debidos al oleaje (hasta 4 metros) y vientos (rachas de hasta 100 km/hr) por un evento norte. Las masas de aire frío continentales y los sistemas de alta presión (1028 hPa) que se presentaron durante la fecha programada de las actividades, son una característica típica de este tipo de eventos.

Durante el período de 1978 al 2014 en el área circundante al Área Contractual 7 sólo se ha presentado un evento extremo (Tormenta Tropical Larry) que ocurrió en el mes de octubre de 2013, dicho evento presentó una velocidad del viento de 95 (km/h) a/ (a/: intensidad al momento de impacto en tierra, no a la intensidad del ciclón tropical en mar abierto), el lugar de entrada por tierra fue El Alacrán, Tabasco (CONAGUA, 2015).

El intercambio entre las masas de aire frío y seco que provienen del continente y las masas de aire propias del golfo de origen marítimo y tropical provocan una fuerte frontogénesis (Nortes), principalmente entre los meses de octubre a abril (Tápanes y González-Coya, 1980). Durante el verano, esta región es afectada por tormentas tropicales, de las cuales 60% tienen intensidades de huracán. El 80% de los huracanes se forman fuera del golfo, su centro se desplaza hacia la costa noroeste de América o hacia la Península de Florida con velocidades de aproximadamente 20 km/h (Monreal-Gómez et al., 2004).

#### 6.2.5.6

#### *Corrientes marinas*

De forma regional, la circulación de gran escala en el golfo de México está denominada por dos características semi-permanentes (Behringer *et al.*, 1977): la Corriente de Lazo y un gran giro anticiclónico, los cuales se sitúan en la parte Oriental y Occidental del golfo respectivamente.

La Corriente de Lazo, que es una porción del sistema de la Corriente del golfo, tiene sus orígenes en el Canal de Yucatán y une a la corriente de Yucatán con la de Florida en la parte Este del golfo. En lo que concierne al gran giro anticiclónico del oeste del golfo, Cochrane (1972) sugiere que es renovado periódicamente por los giros que se desprende de la Corriente de Lazo y que se trasladan hacia el oeste; en contraste con lo anterior, Sturges y Blaha (1976) plantean que este giro se debe al rotacional del esfuerzo del viento.



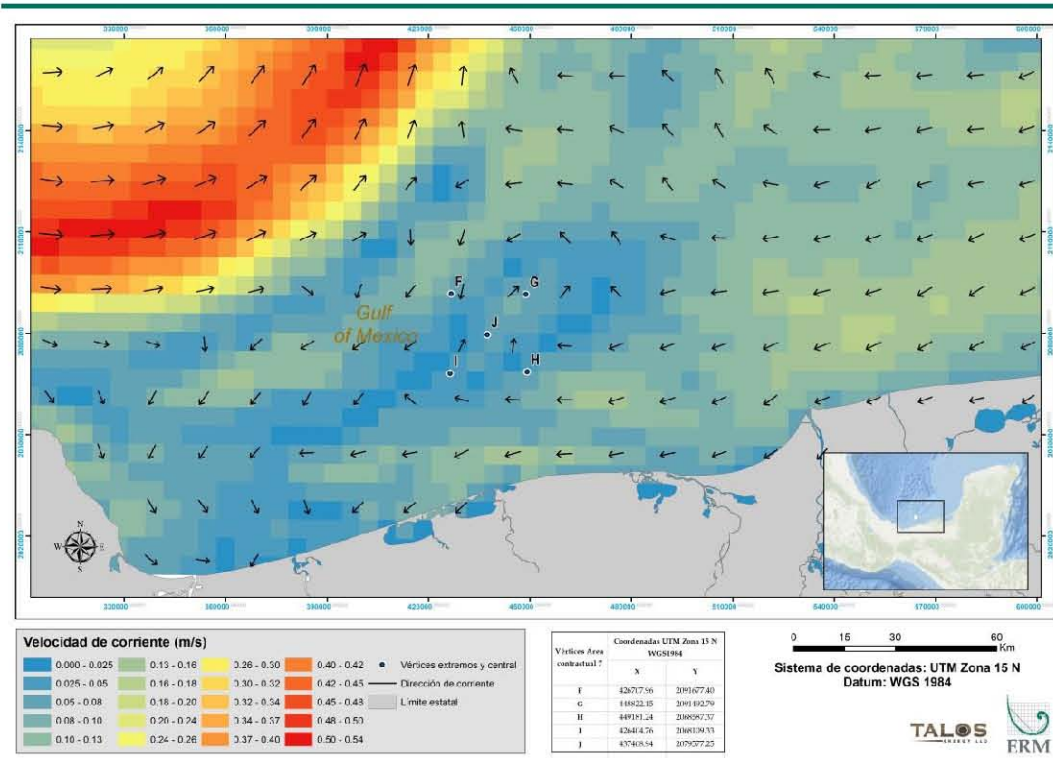
Se han formulado diversas hipótesis para explicar la presencia de la Corriente de Lazo, del gran giro anticiclónico, de la corriente de frontera oeste y de la circulación ciclónica en el golfo de México. Sin embargo, la mayoría de los estudios coinciden en que el principal mecanismo forzamiento de la circulación en el golfo es el flujo que entra través del canal de Yucatán y sale por el Estrecho de Florida (Monreal-Gómez, et al., 2004).

La circulación de las corrientes en la zona oeste del Golfo de México es muy variable ya que en verano las corrientes tienden a moverse en dirección de la manecillas del reloj; mientras que en invierno, provocado por el régimen de los nortes, la circulación costera es impulsada y cambiada hacia el sur. La corriente de Yucatán es la principal fuente de cambio en la dirección de las corrientes en el Golfo de México a través de los giros anticiclónicos que se desprenden de dicha corriente y que al impactar la plataforma continental, se degrada en giros ciclónicos-anticiclónicos (Vidal et al. 1994).

Por su parte, las corrientes litorales presentan tres patrones a lo largo del año. En invierno, se presentan los comúnmente llamados Nortes con velocidades de hasta 140 km/h, generando corrientes superficiales de hasta 15.4 km/h (Knauss, 1997). En verano se presentan las Suradas con magnitudes de hasta 80 km/h, generando corrientes superficiales de aproximadamente 8.8 km/h. Por último, en la transición de Nortes a Suradas y viceversa, los vientos dominantes se alinean en dirección Este-Oeste, propiciando corrientes superficiales casi perpendiculares a la costa.

De acuerdo con la literatura, el área de estudio se encuentra comprendida dentro de una zona de baja velocidad de corrientes comprendida entre los 0.025 m/s y 0.13 m/s. Así mismo, el patrón de circulación predominante presente una dirección este-sureste hacia las costas de Allende, tal como se muestra en la Figura 6.9.



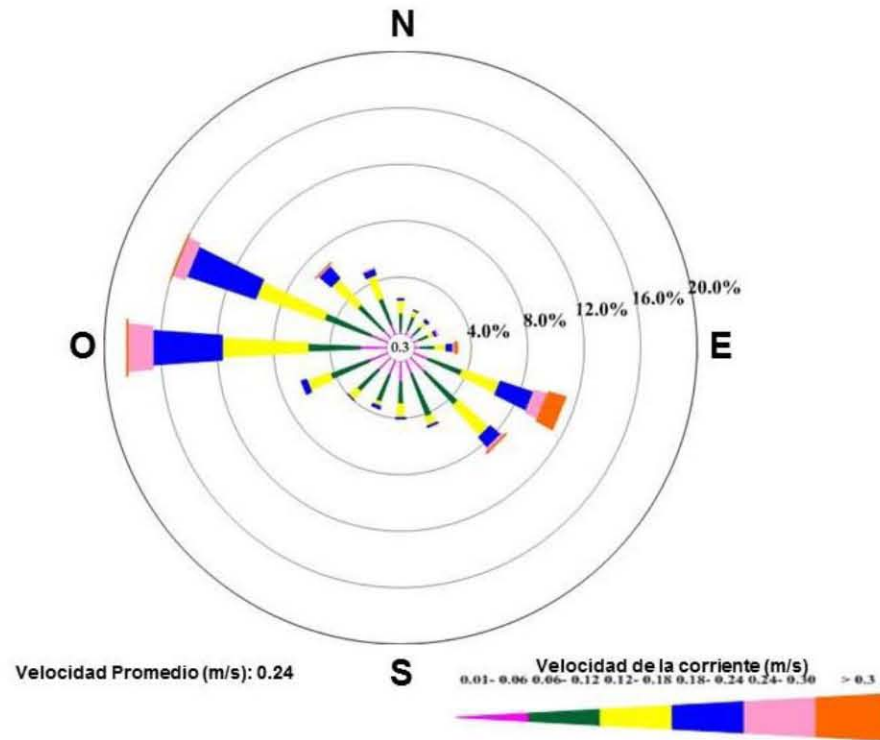


Fuente: ERM, 2016

Figura 6.9 Patrón de circulación de corrientes superficiales ( $m s^{-1}$ ) en el área de influencia del Área Contractual 7.

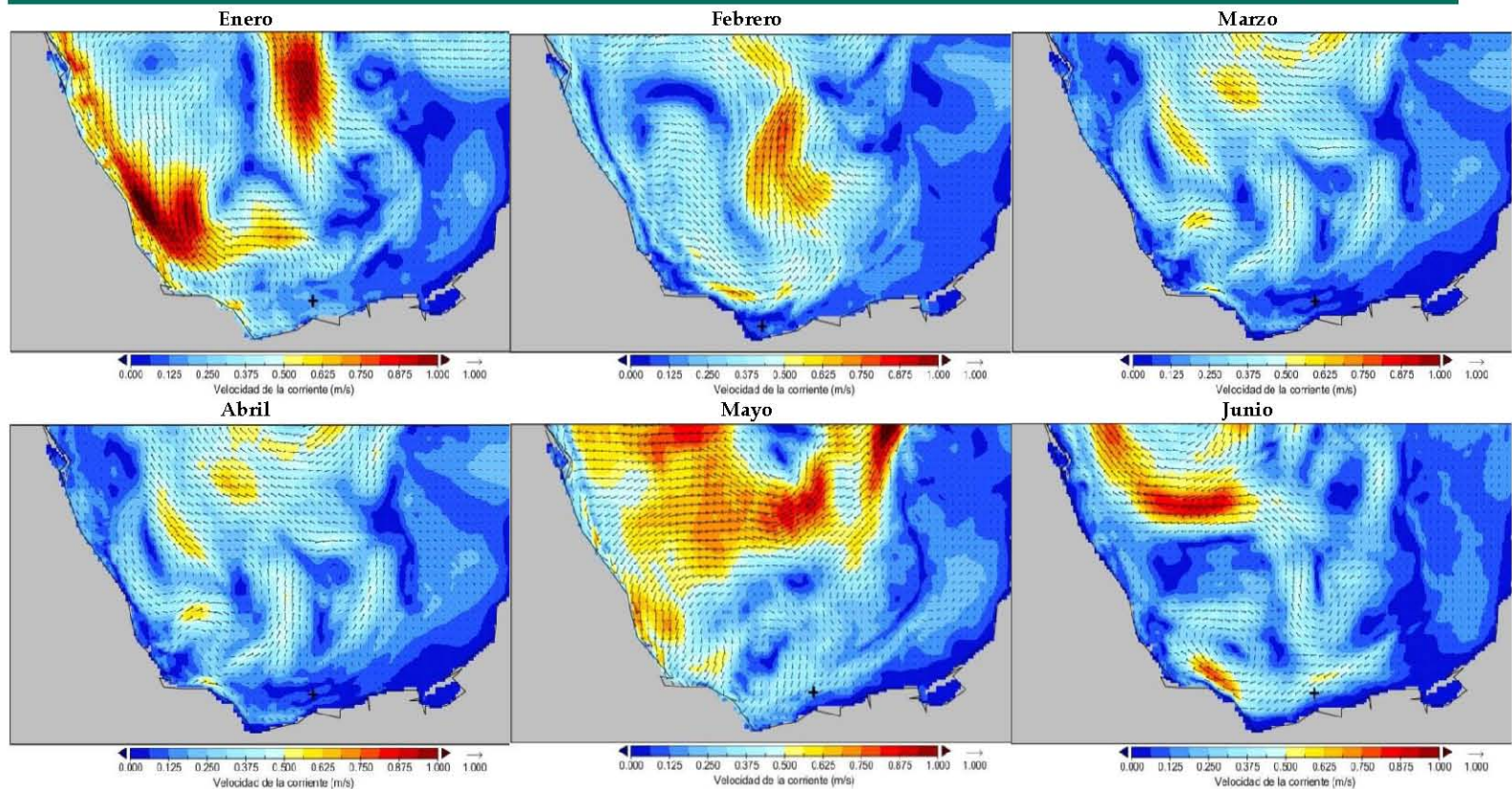
Para caracterizar el Área Contractual, se obtuvieron datos del modelo HYCOM por hora para el periodo 2009-2014. Para toda la región del Golfo de México, los valores de corrientes, salinidad y temperatura están disponibles en intervalos de 5 m para profundidades entre 0-30 m, de 10 m entre 40-100 m, de 25 m entre 100 - 150 m, de 50 m entre 150-300 m, de 100 m entre 300-1500 m, de 250 m entre 1500-2000 m, y de 500 m entre 2000 y 5500 m en las secciones más profundas.

En la Figura 6.11 y Figura 6.12 se presentan ejemplos de corrientes superficiales marinas (imágenes al instante) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM. Como se mencionó anteriormente, las variaciones en los patrones de corrientes actuales en el Golfo de México se producen año tras año. Sin embargo, las corrientes cerca del sitio en donde se ubica el Área Contractual 7 en la parte sur del Golfo de México están un tanto protegidas de esta variabilidad. El fondo de los remolinos de las corrientes hacia la izquierda (contrarreloj) en el sureste del Golfo de México, a menudo dirige corrientes superficiales desde el sitio del área de estudio hacia el este (Figura 6.10). En otras ocasiones, las corrientes de la península de Yucatán que viajan en paralelo a la costa, hacia el sur y luego hacia el oeste, son más fuertes que los remolinos a la izquierda, haciendo que la dirección de la corriente superficial en el sitio se invierta y viaje hacia el oeste. El predominio de este a oeste en el patrón direccional de las corrientes se exhibe durante todo el año.



Fuente: HYCOM, 2016

Figura 6.10 Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 7

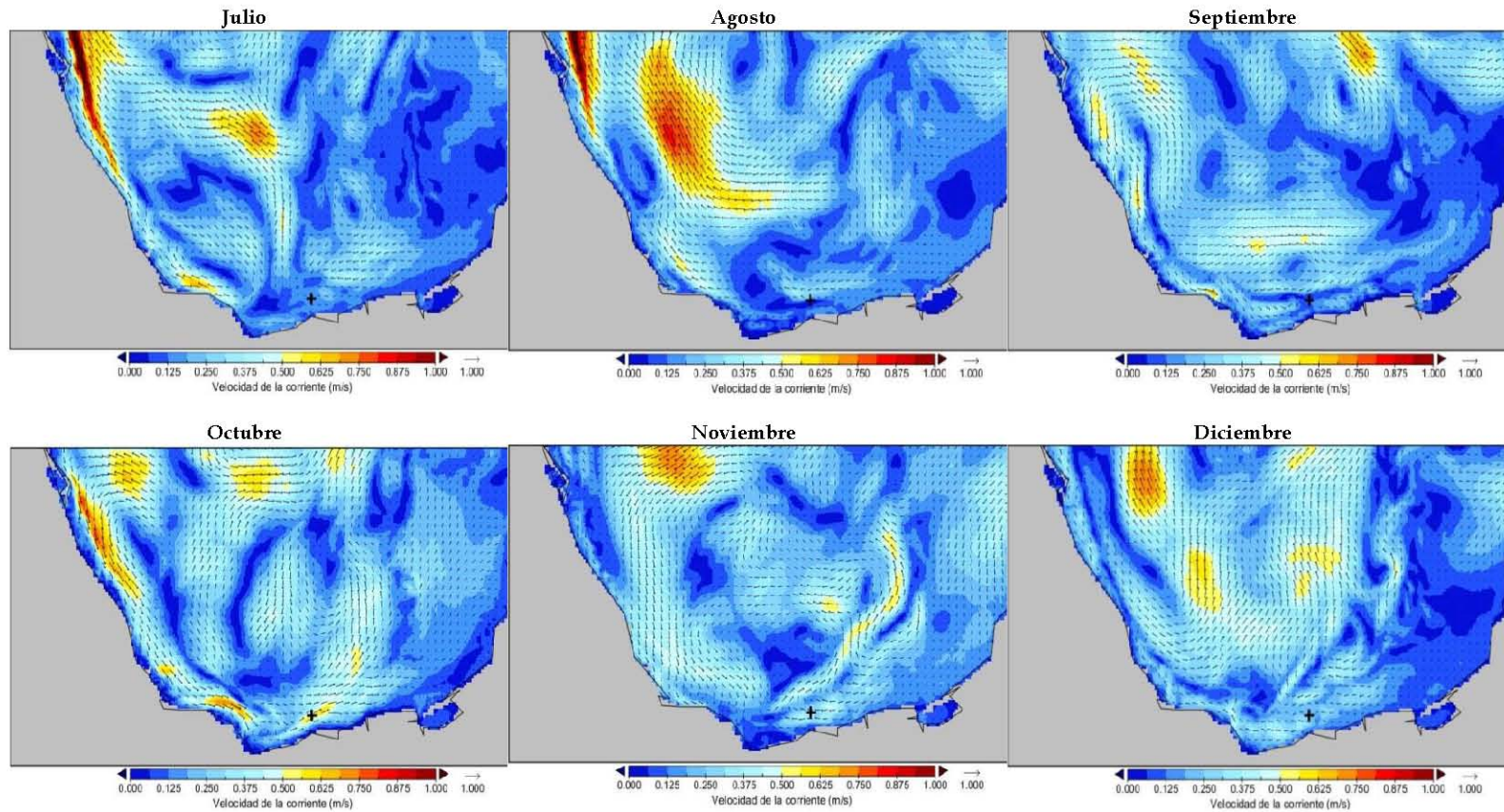


*Nota:* + Ubicación del Área Contractual 7

*Fuente:* HYCOM, 2016

*Figura 6.11 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (enero-junio) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM*





Nota: + Ubicación del Área Contractual 7

Fuente: HYCOM, 2016

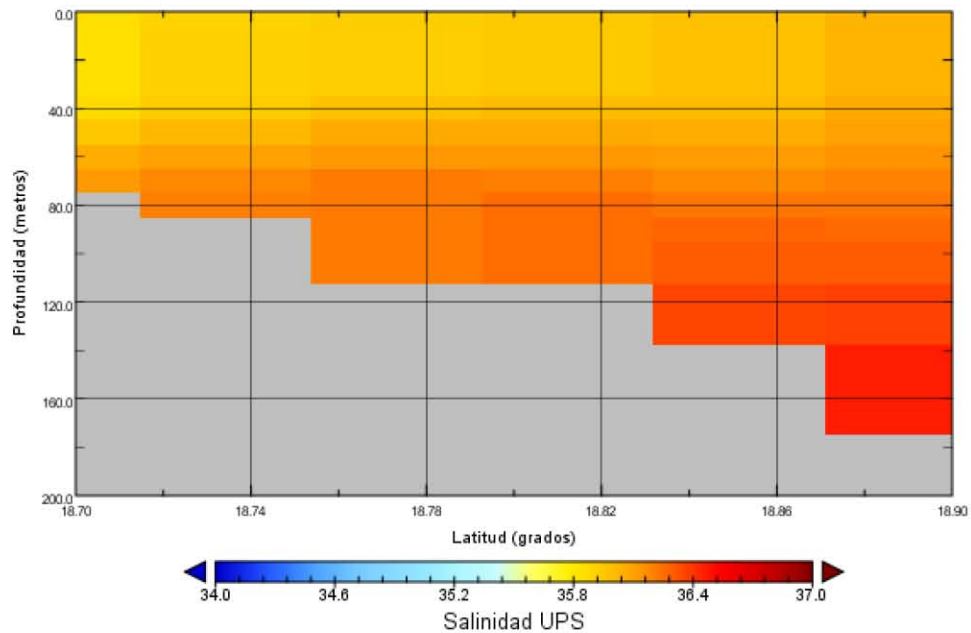
Figura 6.12 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (julio-diciembre) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM





Dentro de las gráficas realizadas se señala con un signo “+” el Área Contractual y se puede observar que únicamente en 3 casos se pueden pronosticar corrientes en dirección a la costa en velocidades menores a 0.625 m/s, de tal manera que en su mayoría las corrientes favorecen un flujo contrario a la dirección de costa y redundancia alrededor del área de estudio. Este resultado es benéfico pues ayuda para acotar las interacciones potenciales futuras de un proyecto en el área de estudio a esta misma zona únicamente sin involucrar los ambientes costeros.

De acuerdo a Vidal *et al.* (1990) y a los resultados del modelo HYCOM, las condiciones de salinidad están fuertemente asociadas con la corriente del Lazo, la cual tiene una salinidad mayor a 36.8 Unidades Prácticas de Salinidad (UPS). Sin embargo, la salinidad típica de las aguas del Golfo de México es de 36.5 UPS. En la Figura 6.13 se presenta un ejemplo de un perfil de salinidad (1 de enero del 2014) generada por el modelo HYCOM para el área de estudio.



Fuente: HYCOM, 2016

Figura 6.13 Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 7 generada del modelo HYCOM

De acuerdo con los resultados en campo, la salinidad se encuentra en un rango entre 41.45 y 30.07 UPS, es decir, en el rango reportado en la literatura y de lo obtenido mediante el modelo HYCOM para las profundidades correspondientes (157 m y 1 m) respectivamente.



#### 6.2.5.7

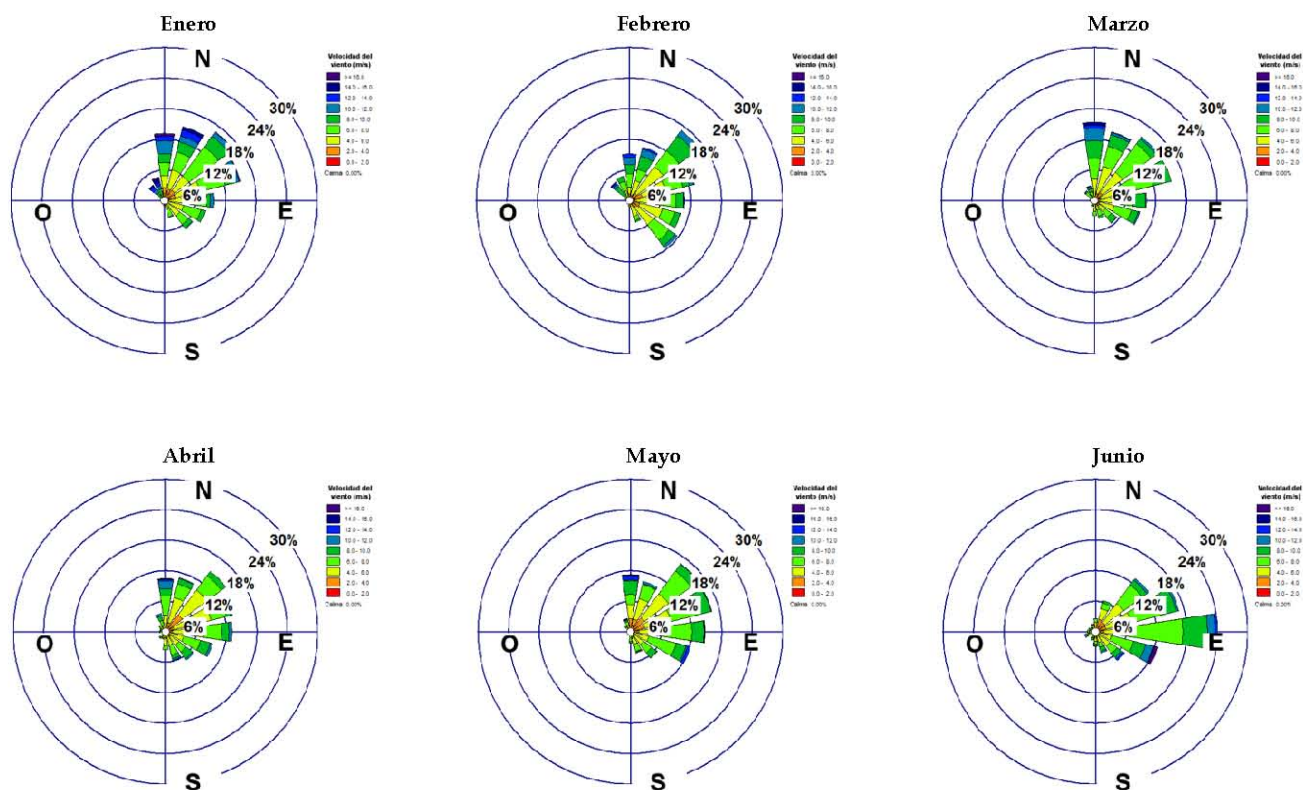
#### *Vientos dominantes, velocidad y dirección*

La estacionalidad climática-meteorológica del área de estudio se caracteriza por un periodo de secas (febrero a junio), uno de lluvias de verano (junio a octubre) con presencia de depresiones tropicales y uno de frentes fríos anticiclónicos (Nortes) de octubre a febrero (Wiseman y Sturges, 1999). Estos tres periodos son constantes, pero se empalman de manera relativa, y su intensidad varía por efectos del cambio climático global.

La posición geográfica que presenta el golfo de México ocasiona que durante el invierno este se vea influenciado por las masas de aire frío y seco procedentes del Norte que, al chocar con masas de aire marítimo y tropical del golfo, dan origen a la formación de frentes fríos principalmente de octubre a abril. La presencia de estos frentes produce en el golfo los vientos conocidos como Nortes, que corren de Norte a Sur y alcanzan velocidades de hasta 30 m/s. La intensidad y extensión de estos Nortes varía según la época del año. En el verano, el golfo es influenciado por tormentas tropicales, de las cuales el 60% alcanza la magnitud de huracán. Estas características meteorológicas afectan la zona costera debido a la descarga de agua dulce e influyen en la circulación general del golfo de México (Tamayo, 1974; Monreal-Gómez et al., 2004).

En el Golfo de México la mayor parte del año los vientos tienen una dirección predominante Este-Sureste, con una intensidad máxima de 4.11 m/s, en tanto que en la temporada de Nortes (octubre a febrero) la dirección es al Noroeste, con una velocidad que varía entre los 26.75 m/s a 37.04 m/s (Monreal-Gómez et al., 2004).

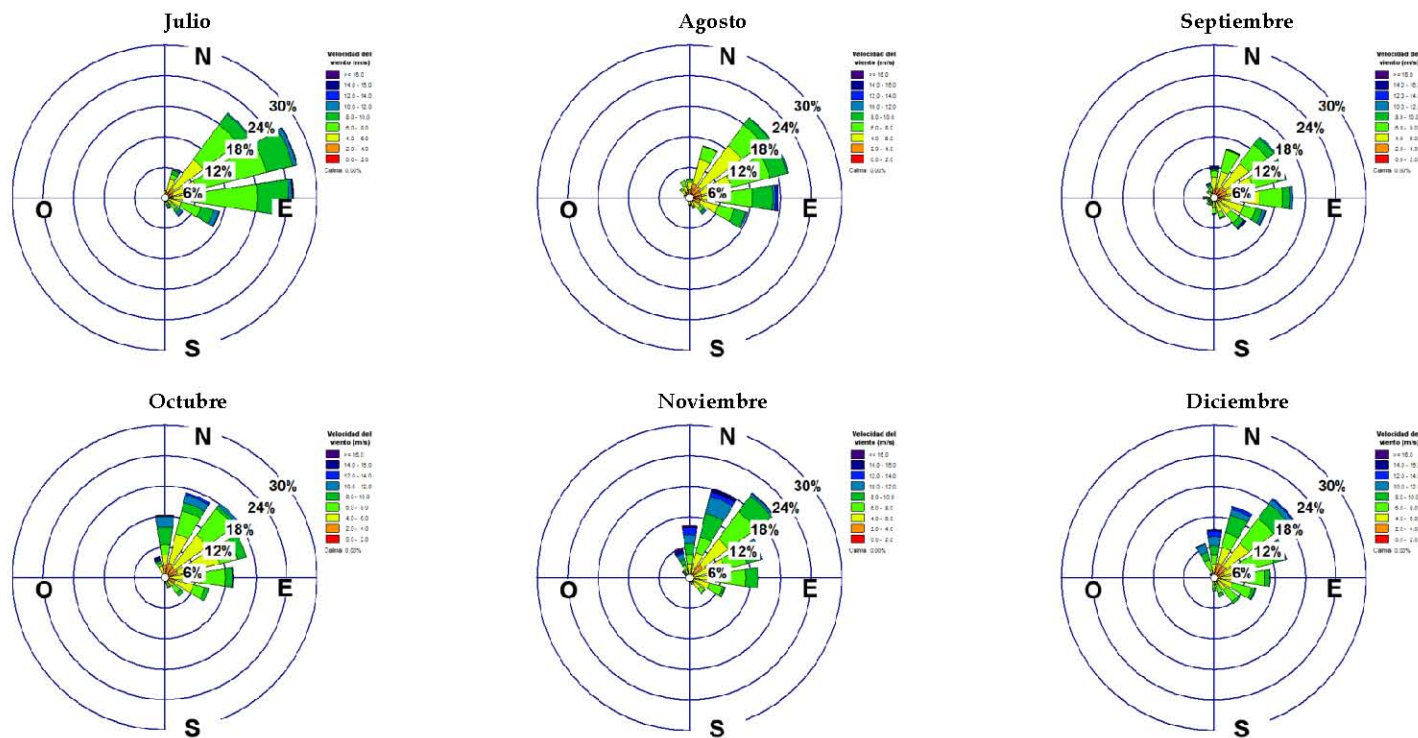
Para el área de estudio se encontró que de acuerdo a SEMARNAT (2016) los vientos dominantes en el área de estudio son del noreste, con cambios al noroeste de mayo a agosto, los cuales corresponden a vientos alisos modificados ligeramente en su dirección por condiciones regionales que se imponen en la circulación general de la atmósfera. Para caracterizar el área en donde se ubica el Área Contractual, se extrajo información de vientos de la base de datos del Blended Sea Winds (Zhang *et al.*, 2006). Esta base de datos es un producto del Centro Nacional de Información Climatológica (NCDC por sus siglas en inglés). En la Figura 6.14 y en la Figura 6.15 se presentan diagramas de rosa con información extraída de datos de velocidad y dirección del viento a nivel de la superficie del agua por mes para el periodo 2009-2014. Por otro lado, en la Figura 6.16 se presenta un diagrama de rosa de la velocidad y dirección del viento promedio para todo el periodo 2009-2014.



Fuente: ERM, 2016

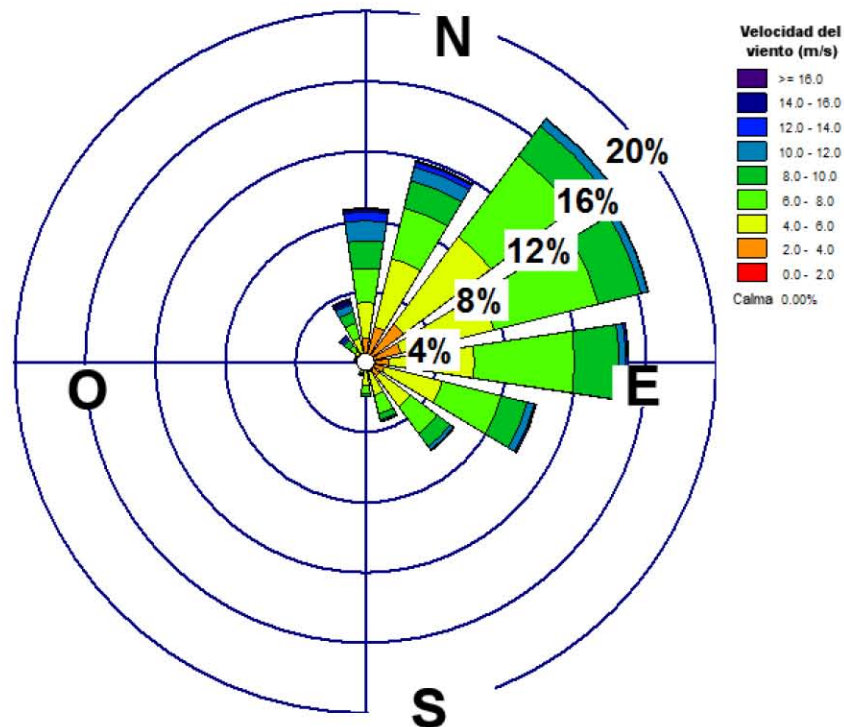
Figura 6.14 Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 7 (longitud -94.5 y latitud 19.0)





Fuente: ERM, 2016

Figura 6.15 Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 7 (longitud -94.5 y latitud 19.0)



Fuente: ERM, 2016

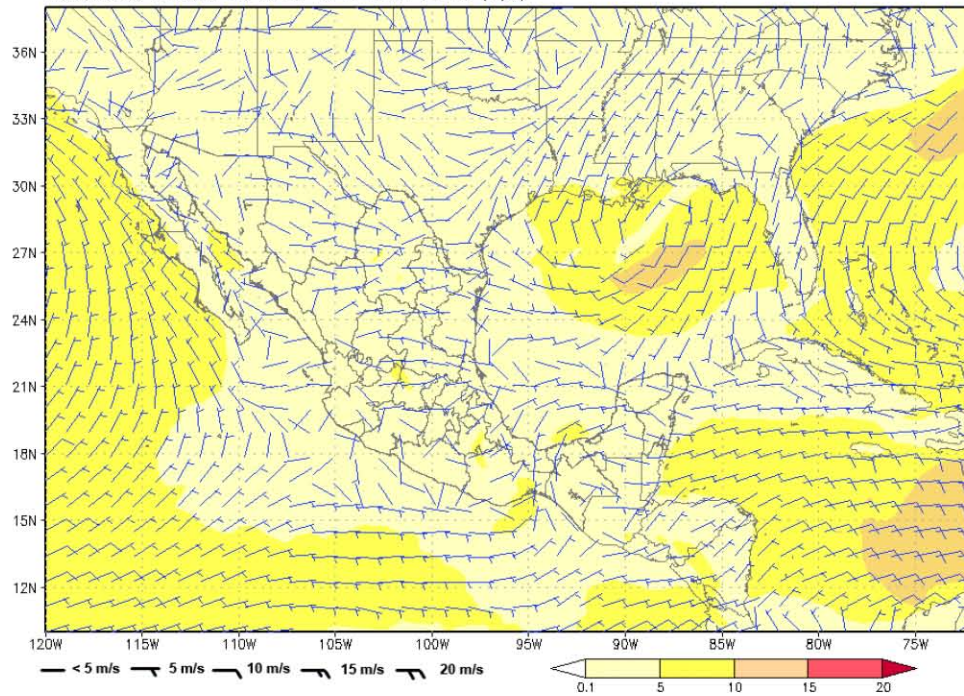
Figura 6.16 Diagramas de rosa de vientos por mes del sitio cercano al Área Contractual 7, (longitud -94.5 y latitud 19.0)

De manera general se puede observar que durante la temporada de lluvias que comprende los meses de julio a octubre, la velocidad de los vientos en el área de estudio no sobrepasa los 10 m/s y siguen en dirección al Noreste tal como se comprueba en la Figura 6.17 del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En general, el modelo nos permite comprobar que en la temporada de Nortes, durante los meses de octubre a febrero, la velocidad de los vientos que se presentan es mayor que en la temporada de lluvias. Adicionalmente, el modelo nos permitió corroborar la información bibliográfica que nos indica que en época de Nortes, los vientos no superan los 15 m/s siguiendo en dirección Norte (Figura 6.18)





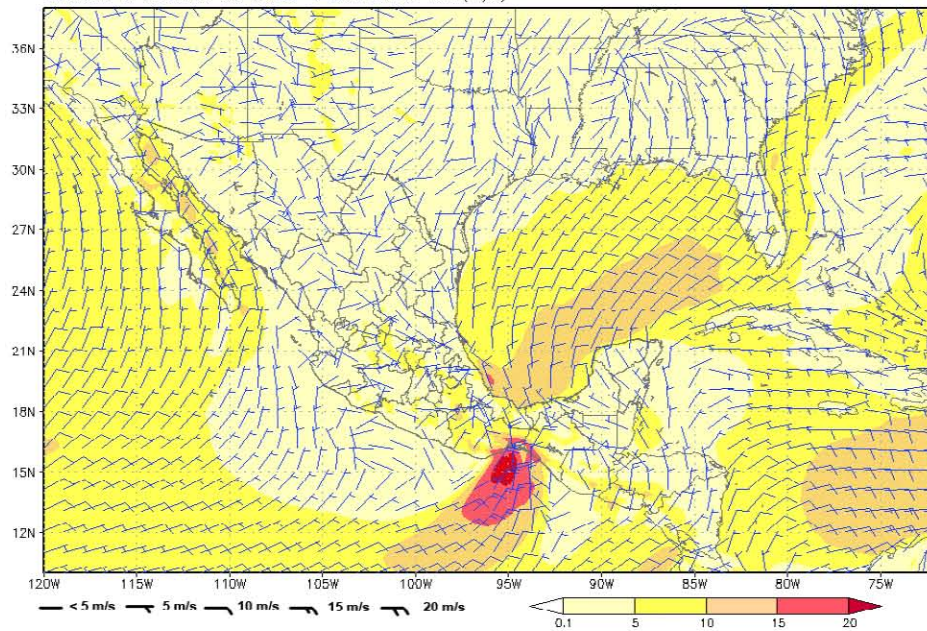
Modelo: WRFv3.6.1 (18.5km) Parametrización: Grell-Devenyi (GD)  
Inicialización: 2015/07/31\_00Z Valido: de 2015/07/31\_12Z a 2015/08/01\_12Z  
Promedio de velocidad del viento a 10 m en 24 hrs (m/s)



Fuente: IMTA, 2015

Figura 6.17 Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de lluvias (julio) del año 2015

Modelo: WRFv3.6.1 (12km) Parametrización: Ensamble (KF, BMJ, GF, SAS, G3, y OKF)  
Inicialización: 2015/12/07\_00Z Valido: de 2015/12/07\_12Z a 2015/12/08\_12Z  
Promedio de velocidad del viento a 10 m en 24 hrs (m/s)



Fuente: IMTA, 2015

Figura 6.18 Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de Nortes (diciembre) del año 2015

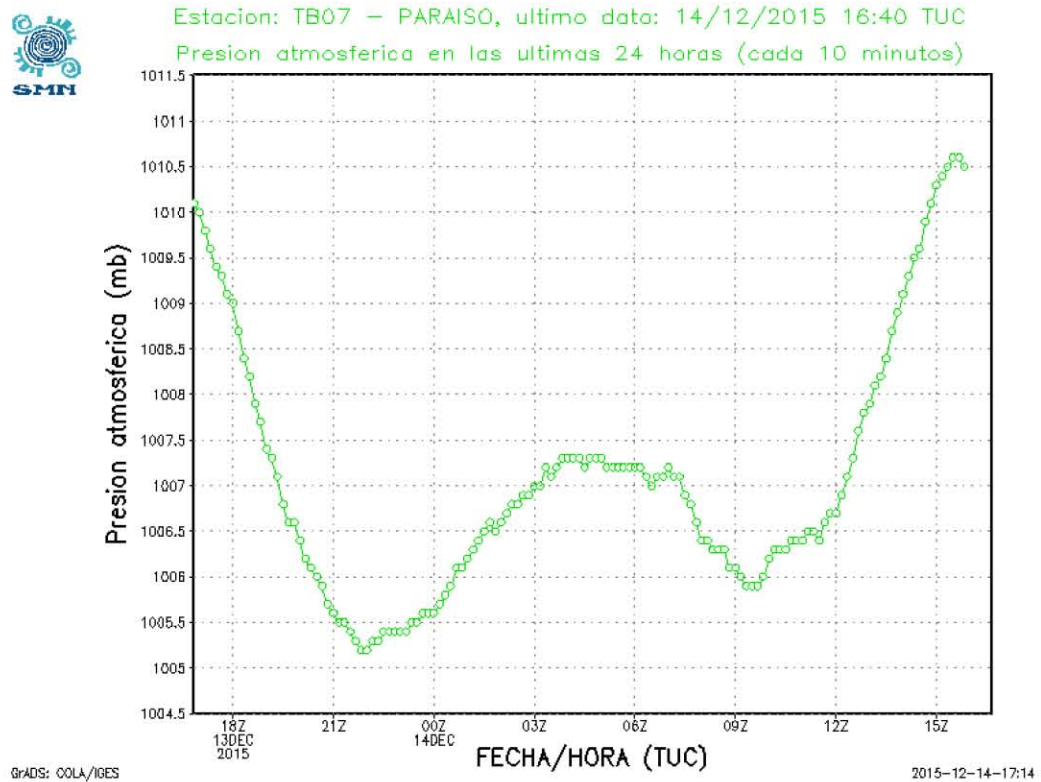




6.2.5.8

*Presión atmosférica*

Los datos obtenidos de la estación meteorológica Coatzacoalcos, la más cercana al Área Contractual, muestra que la presión atmosférica en el mes de diciembre de 2015 en la región de Coatzacoalcos fue de 1,006 a 1,010.5 mb. Los valores anteriores a estas fechas coinciden con el Frente Frío No. 20 que ocurrió durante las fechas que se obtuvieron estos datos (CONAGUA, 2015). (Figura 6.19).



Fuente: SMN, 2015

Figura 6.19 Presión atmosférica registrada en el Área Contractual 7 (diciembre de 2015)

A manera de ejemplo, se incluye una muestra indicativa de valores de presión atmosférica (Tabla 6.7) durante esta temporada del año, tomando los días 13 y 14 de diciembre del 2015 como referencia para el área de estudio.

Tabla 6.7 Presión atmosférica registrada en el área de estudio cada 30 min (diciembre de 2015)

Día	Hora	Presión atmosférica (mb)
13 Diciembre 2015	17:00	1010.1



13 Diciembre 2015	17:30	1009.3
13 Diciembre 2015	18:00	1009.0
13 Diciembre 2015	18:30	1007.8
13 Diciembre 2015	19:00	1007.1
13 Diciembre 2015	19:30	1006.4
13 Diciembre 2015	20:00	1006.2
13 Diciembre 2015	20:30	1005.8
13 Diciembre 2015	21:00	1005.5
13 Diciembre 2015	21:30	1005.4
13 Diciembre 2015	22:00	1005.2
13 Diciembre 2015	22:30	1005.5
13 Diciembre 2015	23:00	1005.5
13 Diciembre 2015	23:30	1005.7
14 Diciembre 2015	00:00	1005.7
14 Diciembre 2015	00:30	1005.9
14 Diciembre 2015	01:00	1006.0
14 Diciembre 2015	01:30	1006.4
14 Diciembre 2015	02:00	1006.5
14 Diciembre 2015	02:30	1006.5
14 Diciembre 2015	03:00	1006.8
14 Diciembre 2015	03:30	1007.0
14 Diciembre 2015	04:00	1007.3
14 Diciembre 2015	04:30	1007.1
14 Diciembre 2015	05:00	1007.3
14 Diciembre 2015	05:30	1007.2
14 Diciembre 2015	06:00	1007.2
14 Diciembre 2015	06:30	1007.0
14 Diciembre 2015	07:00	1007.3
14 Diciembre 2015	07:30	1006.9
14 Diciembre 2015	08:00	1006.3
14 Diciembre 2015	08:30	1006.2
14 Diciembre 2015	09:00	1006.0
14 Diciembre 2015	09:30	1005.8



14 Diciembre 2015	10:00	1006.3
14 Diciembre 2015	10:05	1006.4
14 Diciembre 2015	11:00	1006.5
14 Diciembre 2015	11:30	1006.7
14 Diciembre 2015	12:00	1006.8
14 Diciembre 2015	12:30	1007.1
14 Diciembre 2015	13:00	1007.8
14 Diciembre 2015	13:30	1008.9
14 Diciembre 2015	14:00	1009.6
14 Diciembre 2015	14:30	1010.1
14 Diciembre 2015	15:00	1010.3
14 Diciembre 2015	15:30	1010.5

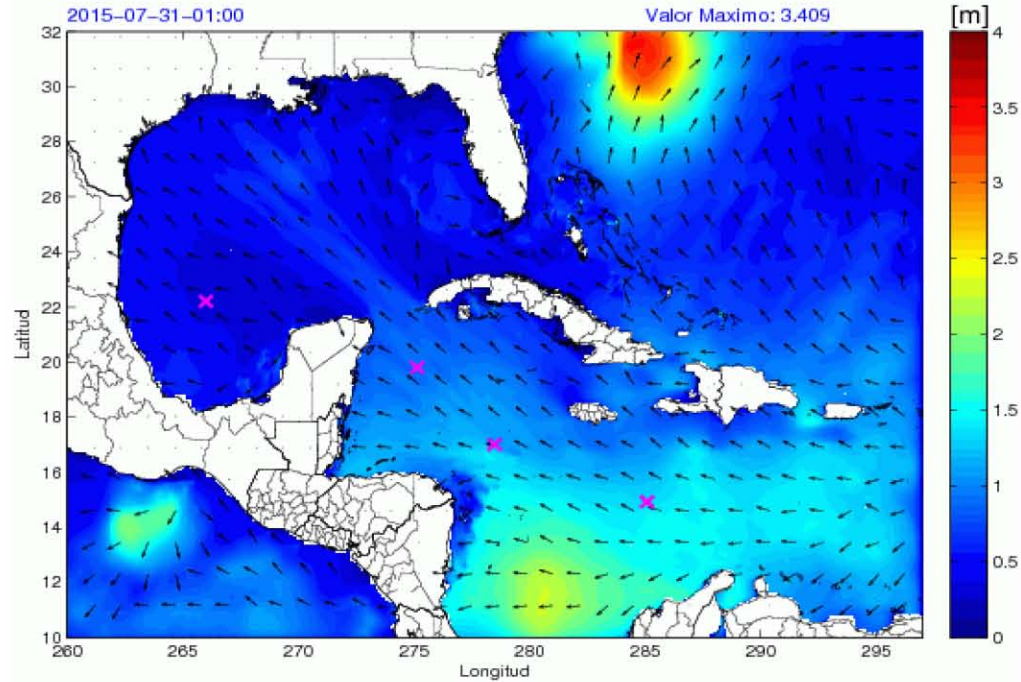
*Fuente: SMN, 2015*

## 6.2.6 *Hidrodinámica y batimetría*

### 6.2.6.1 *Oleaje*

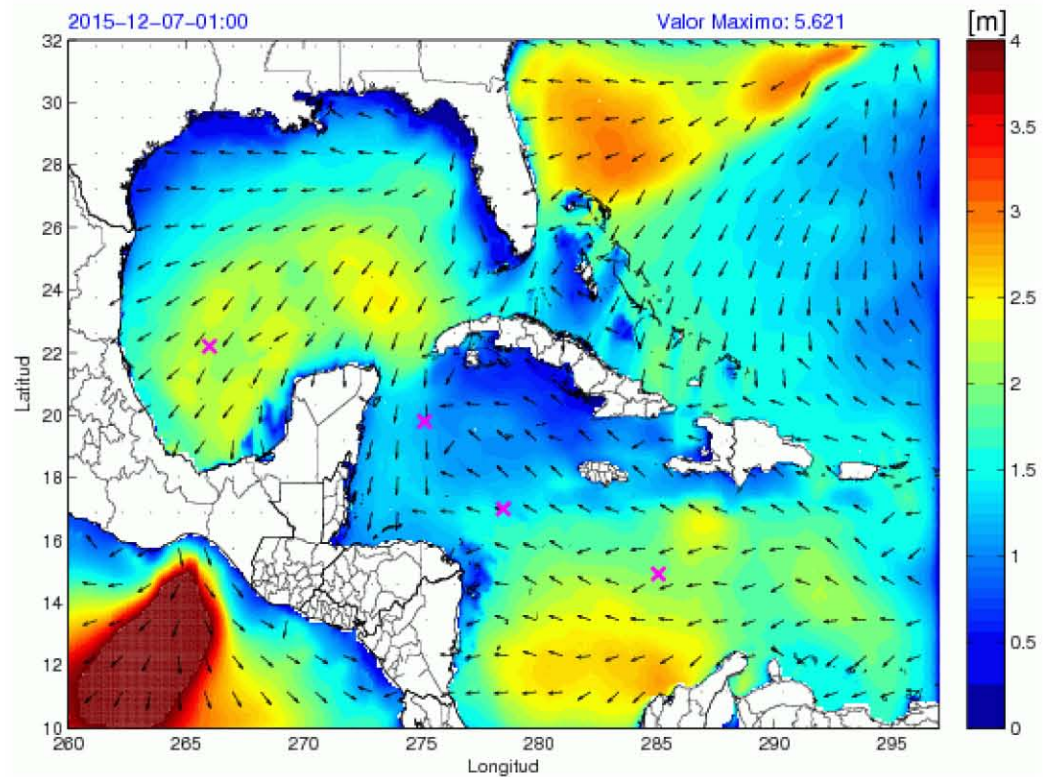
De acuerdo con la información reportada por el IMTA, en la temporada de lluvias (julio a octubre), el oleaje el área de estudio no supera el metro de altura y la dirección que siguen las olas es al Suroeste (Figura 6.20). En la temporada de Nortes (octubre a febrero), el oleaje en el área de estudio es mayor al registrado en la temporada de lluvias; en época de Nortes, la altura de las olas tiene un promedio de 2.5 m y estas siguen una dirección hacia la línea de costa (Figura 6.21). No obstante, dos días antes del inicio de los trabajos de línea base en campo se registraron olas de hasta 5 m ocasionadas por un frente frío, mismo que ocasionó demoras en la misma campaña por el cierre de navegación.





Fuente: IMTA, 2015

Figura 6.20 Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de lluvias (julio) de 2015



Fuente: IMTA, 2015

Figura 6.21 Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de Nortes (diciembre) de 2015 (Tomado del IMTA, 2015).

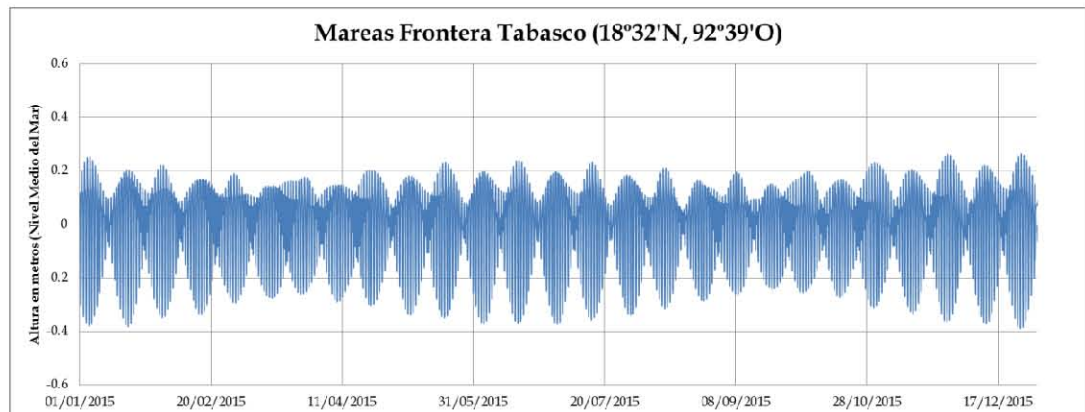


Tal como se puede observar, el oleaje promedio dentro del Área Contractual oscila entre 0.5 y 2.5 m durante el año.

### 6.2.6.2 Mareas

Con la finalidad de obtener una descripción del ciclo de mareas en el área de estudio, se obtuvo información sobre mareas mediante el uso del programa MAR V1, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) de Baja California, México. Por su parte, los valores de mareas del programa MAR V1 se obtuvieron de datos históricos de estaciones mareográficas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Secretaría de Marina y del propio CICESE (CICESE, 2016).

Para el área de estudio del Proyecto, se utilizó información por hora de mareas de la estación más cercana (Frontera, Tabasco) con datos disponibles para el periodo que comprende desde el 1 de enero del 2015 a las 0:00 horas hasta el 1 de enero del 2016 a las 0:00 horas (ver Figura 6.22). La otra estación mareográfica cercana al sitio (aproximadamente 47 kilómetros del área contractual) reporta que las mareas predominantes son diurnas presentando un pleamar y un bajamar por día con rangos que no rebasan los 0.5 metros (SEMARNAT, 2016).



Fuente: Ajustado de CICESE, 2016

Figura 6.22 Representación gráfica del régimen de mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz

En las tablas siguientes se presentan las características generales de las mareas para las estaciones Frontera y Dos Bocas, respectivamente reportadas por SEMAR (Tabla 6.8 y Tabla 6.9) para Tabasco.

Tabla 6.8 Características de las mareas de la estación Frontera, Tabasco

Marea	Nivel
Pleamar máxima registrada	1.380 m
Nivel de pleamar media superior	0.405 m
Nivel de pleamar media	0.357 m
Nivel medio del mar	0.228 m
Nivel de bajamar media	0.106 m





Marea	Nivel
Nivel de bajamar media inferior	0.000 m
Bajamar mínima registrada	-0.550 m
Nota: Planos de mareas referidos al nivel de bajamar media inferior. La pleamar máxima y bajamar mínima registradas, así como el nivel medio del mar obedecen al periodo de observaciones correspondientes al periodo 1999-2012. m= metros	

Fuente: SEMAR, 2012

Tabla 6.9 Características de las mareas de la estación Dos Bocas, Tabasco

Marea	Nivel
Pleamar máxima registrada	1.270 m
Nivel de pleamar media superior	0.444 m
Nivel de pleamar media	0.419 m
Nivel medio del mar	0.264 m
Nivel de bajamar media	0.121 m
Nivel de bajamar media inferior	0.000 m
Bajamar mínima registrada	-0.490 m
Nota: Planos de mareas referidos al nivel de bajamar media inferior. La pleamar máxima y bajamar mínima registradas, así como el nivel medio del mar obedecen al periodo de observaciones correspondientes al periodo 1999-2012. m= metros	

Fuente: SEMAR, 2012

Tal como se puede observar, los resultados de las mareas, coinciden con eventos de incremento en vientos y fenómenos meteorológicos hacia el último trimestre del año, tal como se describe en secciones anteriores.

### 6.2.6.3 Batimetría

De acuerdo al contexto regional del área de estudio, el Golfo de México es una cuenca aislada del Mar Caribe por un umbral con profundidad aproximada de 2,500 m y cuenta con regiones de hasta 3,741 m de profundidad. .

De forma general, el Golfo de México se encuentra dividido por las Provincias:

1. La Primera Provincia que constituye al Escarpe de Florida presenta profundidades de 100 a 1,000 m.
2. La Segunda Provincia constituye una zona de elevaciones y depresiones denominadas Cañón de Soto, el cual se ubica por debajo de la isobata de 300 m y alcanza profundidades hasta de 2,000 m.
3. La Tercera Provincia comprende la parte Occidental del cono del Mississippi continuándose hasta el límite de la zona económica de México





presenta una isobata de 200 m donde ésta aumenta para alcanzar los 1,000 m de profundidad.

4. La Cuarta Provincia se encuentra desde el delta del río Bravo hasta la zona volcánica de San Andrés Tuxtla en Veracruz, llegando a presentar profundidades de hasta 3,000 m.
5. La Quinta Provincia que comprende la plataforma y talud continental del sur de Veracruz y parte de Campeche, alcanzando la isobata de hasta 3,000 m de profundidad.
6. En la Sexta Provincia el Cañón de Campeche es un rasgo sobresaliente del talud continental el cual se limita por el escarpe de mismo nombre se extiende a profundidades de 2,400 a 2,600 m.
7. La Séptima Provincia corresponde a la parte central del golfo de México. Comprende la cuenca o Llanura Abisal de Sigsbee. Está limitada totalmente por la isobata de 3,600 m y presenta dos zonas aún más profundas, una de ellas a los 3,735 m y la otra a los 3,741 m.

El Proyecto se ubica a aproximadamente 50 kilómetros al noroeste de Paraíso, Tabasco. Para caracterizar la profundidad y forma del lecho marino, se usó un conjunto de datos espaciales primarios de información batimétrica para la zona en donde se ubica el área de estudio. Dicha información batimétrica, se obtuvo del General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO), el cual es una fuente pública de información (COI *et al.*, 2003). La base de datos utilizada para este estudio es la cuadrícula GEBCO\_2014\_1D, con una resolución de 30 arco-segundos. Con base en la información obtenida de GEBCO, se estima que la zona presenta profundidades entre los 54 y 300 metros (ver Figura 6.23).

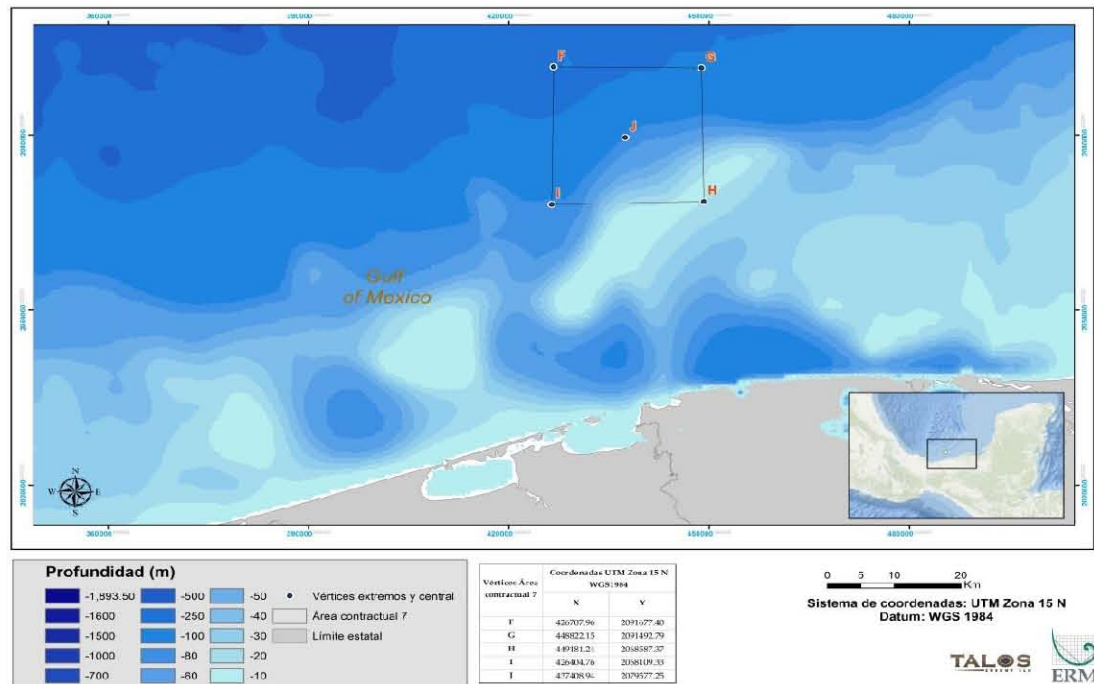


Figura 6.23 Batimetría del Área Contractual



Finalmente, mediante un análisis riguroso e interpretación de los datos se obtuvo que la profundidad del área de estudio se encuentre comprendida entre los 250-400 m y los 50 metros de profundidad. Esta aproximación fue comprobada durante la campaña de línea base ya que se obtuvo que la profundidad mínima fue de 60 m y la máxima de 315 m tal como se indica en la Figura 6.24.

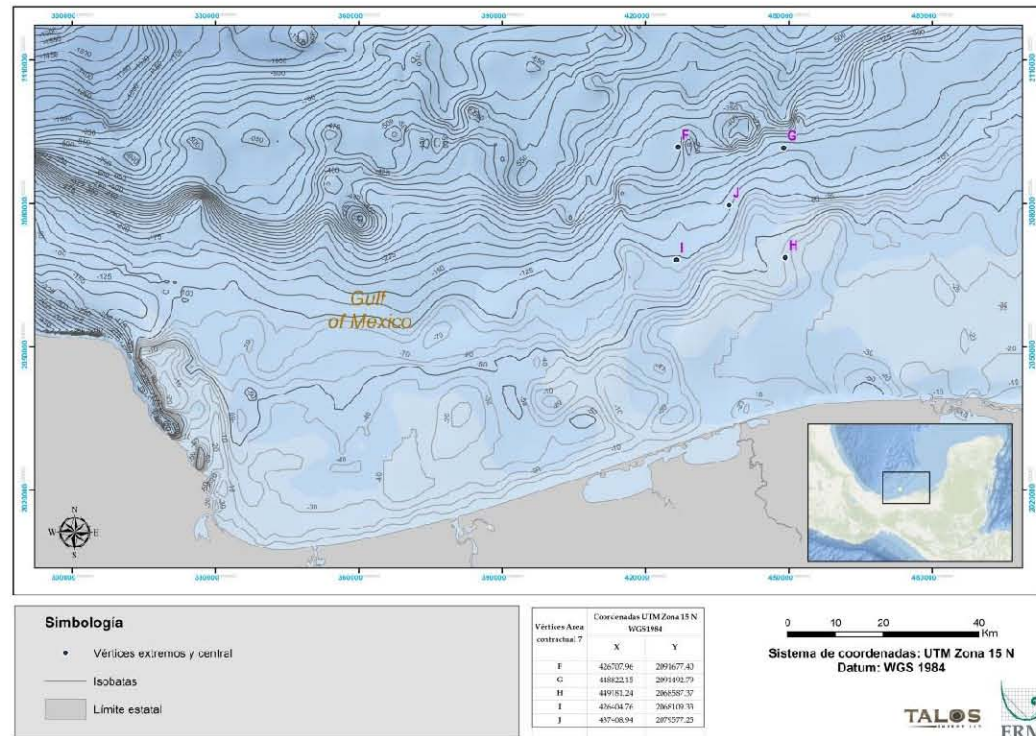


Figura 6.24 Batimetría en el Área Contractual 7

### Patrones de dispersión de material particulado suspendido

De acuerdo con la revisión bibliográfica contextual (De la Lanza, 1991) en el Golfo de México, los sólidos totales suspendidos y el material orgánico suspendido (MOS), son muy abundantes en las aguas que se desplazan sobre la plataforma continental con 54.6% y en aquellas superficiales a mar abierto con 49.5% que están enriquecidas por el aporte atmosférico y por la formación de agregados orgánicos causados por el burbujeo en las rompientes de olas.

El contenido decrece en los 100 m de profundidad hasta 22.7% y por debajo de los 150 m, las variaciones temporales y su relación con la producción primaria generan grandes diferencias de una temporada a otra. Este comportamiento se asemeja en mucho al que ha sido observado en las aguas del Atlántico Norte, y el alza repentina de materia suspendida total (MST) que sucede en el Golfo de México puede ser análoga a la de la región Atlántica en la que posiblemente se encuentra una relación similar en el aumento de cocolitofóridos en el fitoplancton,





los cuales han llegado a representar hasta el 80% en las muestras ricas en MST Total (Harris, 1972).

Harris (1972), menciona que los perfiles de MST en los Estrechos de Yucatán y Florida son semejantes en fechas próximas, especialmente a nivel superficial, lo cual confirma que la parte Este del Golfo es afín a las características predominantes en el Estrecho de Yucatán. En el Estrecho de Florida se manifiesta un pequeño incremento de MST hacia la profundidad, atribuible a una turbulencia y a un fondo extenso, mas no a una capa nefeloide cuya existencia no ha sido posible demostrar a partir de los datos repostados. Si esta capa está presente, no afecta significativamente a la MST.

Por otro lado, la parte Centro-Oriental del Banco de Campeche es la más productiva en materia orgánica primaria, mientras que la parte Occidental del mismo banco, la materia puede ser transportada por las corrientes y acumularse en dicha zona (Bessonov et al., 1971).

De acuerdo con los resultados obtenidos después del análisis de las muestras tomadas durante la línea base en campo, se obtuvieron lecturas de sólidos suspendidos totales con valores entre 18 y 168 mg/L en el área de estudio, en congruencia con la capacidad productiva reportada para áreas cercanas, tal como el Banco de Campeche, que posiblemente pueda extrapolarse al Área Contractual.

#### 6.2.7 *Calidad de Agua de Mar*

En la tabla siguiente se presenta un resumen del muestreo y análisis de los parámetros de calidad del agua para el Área Contractual 7 (ver Tabla 6.10) (Apéndice 6.1).

##### 6.2.7.1 *Parámetros fisicoquímicos*

Con el objeto de determinar las características fisicoquímicas del agua marina en el Área Contractual 7, los siguientes parámetros se midieron en campo y además se analizaron en el laboratorio analítico ITS:

- Salinidad
- Potencial hidrógeno (pH)
- Temperatura
- Oxígeno Disuelto
- Turbidez
- Fluorescencia

En la Tabla 6.10 se presentan los resultados de las mediciones en campo y de los análisis en laboratorio.





Tabla 6.10 Registro de parámetros básicos de calidad de agua de mar

Punto de muestreo	Muestra	Prof. (m)	Salinidad (UPS)		Temp. (°C)	pH		OD (ml/L)		Turbidez (UNT)		Fluorescencia (mg/m <sup>3</sup> )
			Campo	Lab.	Campo	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo
B7-F	B7-FS	1.0	30.07	36.13	24.43	8.42	8.19	2.82	8.11	0.08	0.19	0.24
	B7-FM	157.0	41.45	37.16	16.85	8.24	8.09	2.29	9.40	0.08	0.19	-0.02
	B7-FF	314.0	39.15	36.35	12.83	8.25	8.03	1.84	7.34	0.17	0.12	-0.01
B7-G	B7-GS	1.0	35.31	35.96	24.30	8.15	8.15	3.16	8.42	0.08	0.14	0.24
	B7-GM	102.0	37.20	37.23	22.55	8.24	8.12	4.20	7.70	0.11	0.18	-0.01
	B7-GF	204.0	36.84	33.07	15.59	8.09	7.84	2.98	7.48	0.21	0.29	-0.02
B7-H	B7-HS	1.0	31.66	35.50	24.57	8.56	8.16	2.00	7.80	0.19	0.28	0.42
	B7-HM	29.5	34.24	32.79	24.14	8.54	8.11	2.51	6.97	0.13	0.17	0.76
	B7-HF	59.0	35.03	36.81	23.57	8.53	8.28	2.10	6.58	1.19	0.47	0.24
B7-I	B7-IS	1.0	36.38	34.94	24.18	8.24	8.25	1.38	7.38	0.26	0.58	0.24
	B7-IM	46.0	35.44	36.69	23.82	8.24	8.08	2.12	7.13	0.23	0.54	0.22
	B7-IF	92.0	37.32	36.93	21.47	8.23	8.09	2.24	7.86	0.36	0.57	0.04
B7-J	B7-JS	1.0	31.78	31.83	24.09	8.46	8.36	3.47	7.26	0.34	0.78	0.11
	Dupli agua	1.0	31.78	34.12	24.09	8.46	8.09	3.47	7.23	0.34	0.39	0.11
	B7-JM	64.5	36.46	36.85	23.49	8.39	8.25	2.03	7.41	0.36	0.49	0.13
	B7-JF	129.0	37.64	37.29	19.07	8.42	8.02	2.48	6.97	0.29	0.30	0.02

Fuente: ERM, 2016



A continuación se muestran los parámetros fisicoquímicos en forma de gráfica para ilustrar claramente su comportamiento en el Área Contractual 7. Cabe mencionar que los primeros datos tomados por el CTD fueron eliminados debido a que se atribuyen al tiempo en reposo en que se mantuvo el equipo sumergido en la superficie antes de iniciar el lance.

Los parámetros fisicoquímicos también aportan información para identificar la masa de agua a la que pertenece el agua del Área Contractual 7. En general, las aguas del Golfo de México se componen de siete masas de agua:

1. Agua Común del Golfo
2. Agua Subtropical Subyacente
3. Agua de los 18°C del Mar de los Sargazos
4. Agua Central del Atlántico Tropical
5. Agua Antártica Intermedia
6. Agua Profunda del Antártico Norte
7. Mezcla de Agua Intermedia del Caribe con Agua Profunda del Antártico Norte

Las cuatro primeras constituyen la capa cálida superior (0-500 m) y las tres restantes integran la capa fría inferior (500-3650 m) (Vidal, *et. al.*, 1990).

#### 6.2.7.2 Resultados y análisis de salinidad y temperatura

El promedio de concentración de sales disueltas en el agua de mar ronda el 3.5% en peso, actualmente se expresan en partes por mil lo cual se indica de la siguiente forma ‰; a continuación se listan los 11 componentes que en conjunto forman el 99.9% de los constituyentes disueltos del agua de mar (Tabla 6.11).

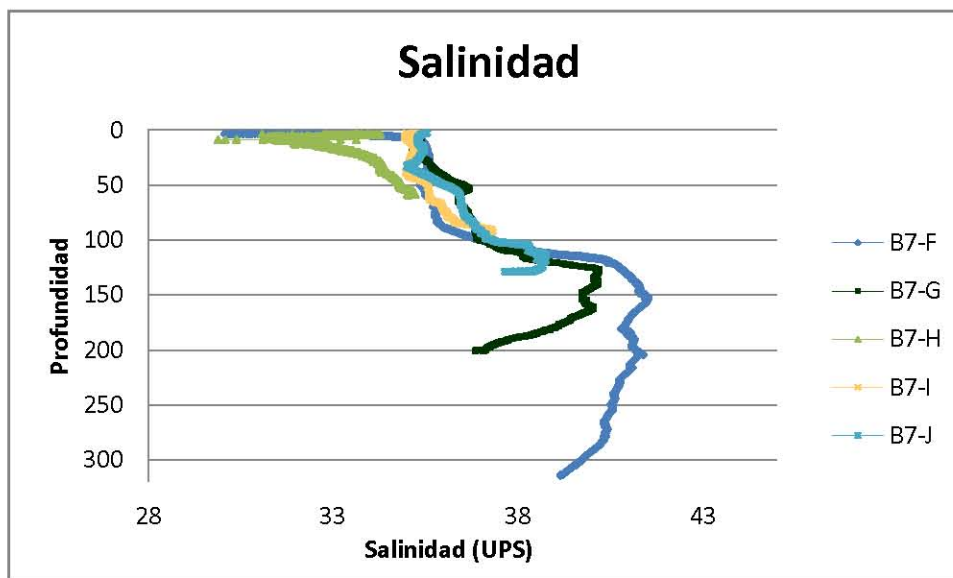
Tabla 6.11 Iones en el agua de mar

IONES	‰	
Cloruro Cl <sup>-</sup>	18.980	Aniones (iones negativos) 21.861%
Sulfato, SO <sub>4</sub>	2.649	
Bicarbonato, HCO <sub>3</sub>	0.140	
Bromuro, Br	0.065	
Borato, H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>	0.026	



IONES	‰	
Fluoruro, F	0.001	
Sodio, Na	10.556	Cationes (iones positivos) 12.621%
Magnesio, Mg <sup>2</sup>	1.272	
Calcio, Ca <sup>2</sup>	0.400	
Potasio, K	0.380	
Estroncio, Sr <sup>2</sup>	0.013	
<b>Salinidad total</b>		<b>34.482‰</b>

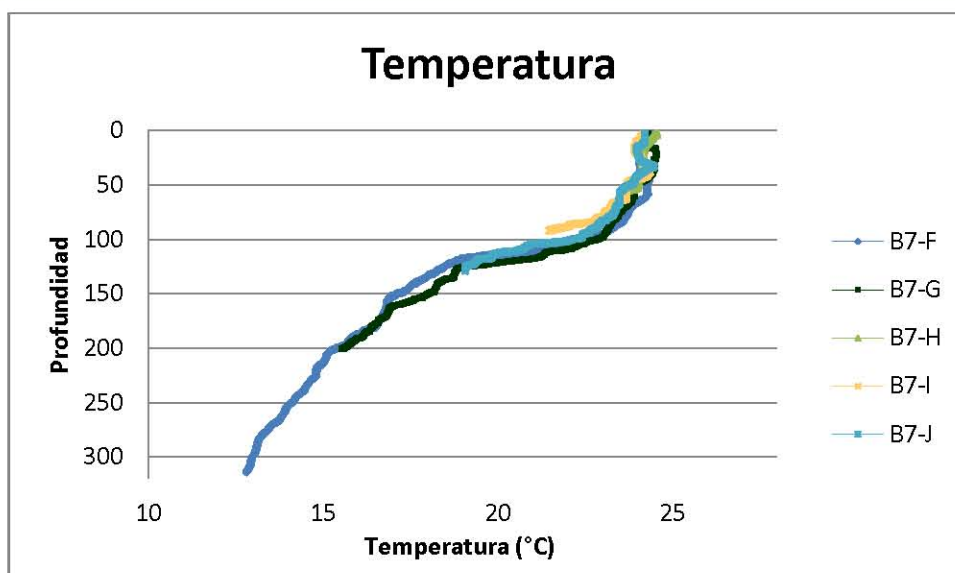
La salinidad y temperatura en el área de influencia al del Área Contractual 7, de la superficie a los 10 m de profundidad, presenta una salinidad de 35.9 a 36 UPS y una temperatura de 25.95 a 26.45 °C. En el intervalo de profundidad de 10 a 20 m, la salinidad fluctúa de 35.9 a 36.1 UPS y la temperatura varía de 25.5 a 26.1 °C. En las profundidades de 20 a 30 m, la salinidad y temperatura muestran una menor variación permaneciendo en 36.15 UPS y 25.9°C respectivamente (Gráfica 6.2).



Gráfica 6.2 Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 7

La temperatura se mantuvo constante entre 22 y 24°C en la superficie, sin embargo, al descender en la columna de agua la temperatura bajó hasta 12.83 °C en la máxima profundidad de 314 m (Gráfica 6.3).

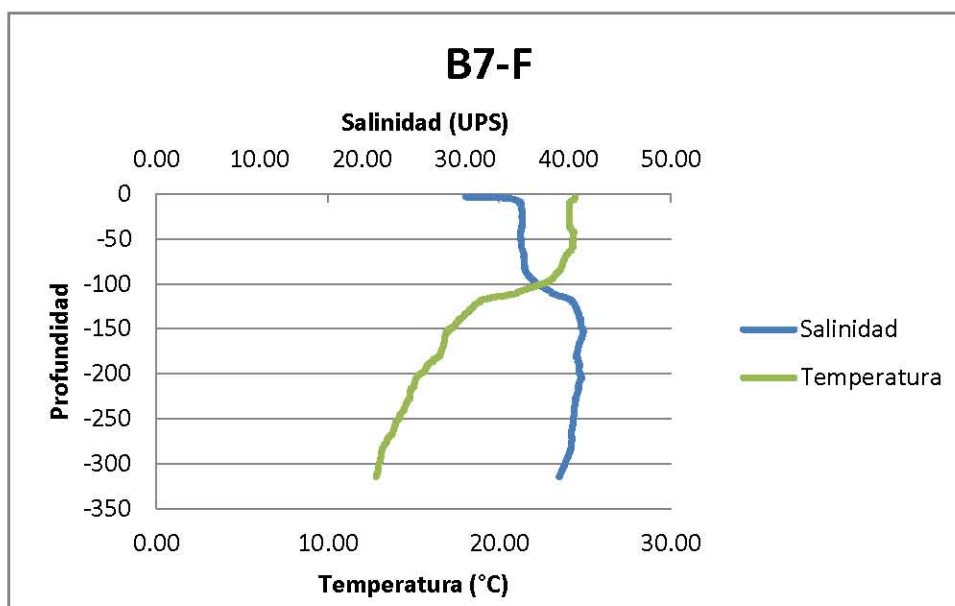




Gráfica 6.3 Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 7

A continuación se presenta el análisis de parámetros por punto de muestreo (Gráfica 6.4 Salinidad y temperatura en B7-F, Gráfica 6.5, Gráfica 6.6, Gráfica 6.7 y Gráfica 6.8):

#### B7-F

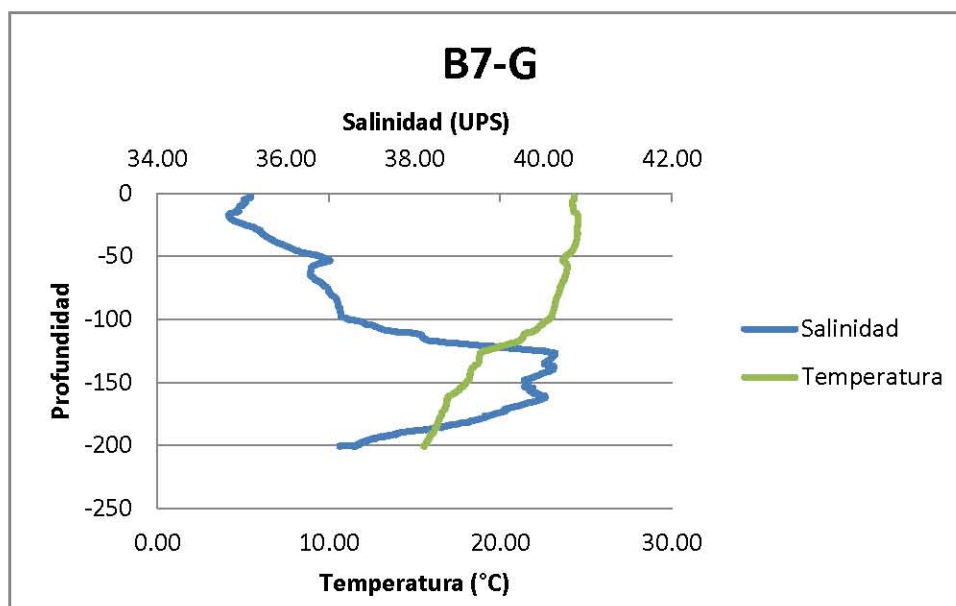


Gráfica 6.4 Salinidad y temperatura en B7-F



En la relación que vemos entre la salinidad y la temperatura podemos ver alineados en el mismo punto la termoclina, la haloclina y la picnoclina al nivel de los 100 metros de profundidad; así mismo se puede ver claramente la composición de la columna de agua por dos masas de agua con diferentes características de densidad para el punto B7-F.

### B7-G

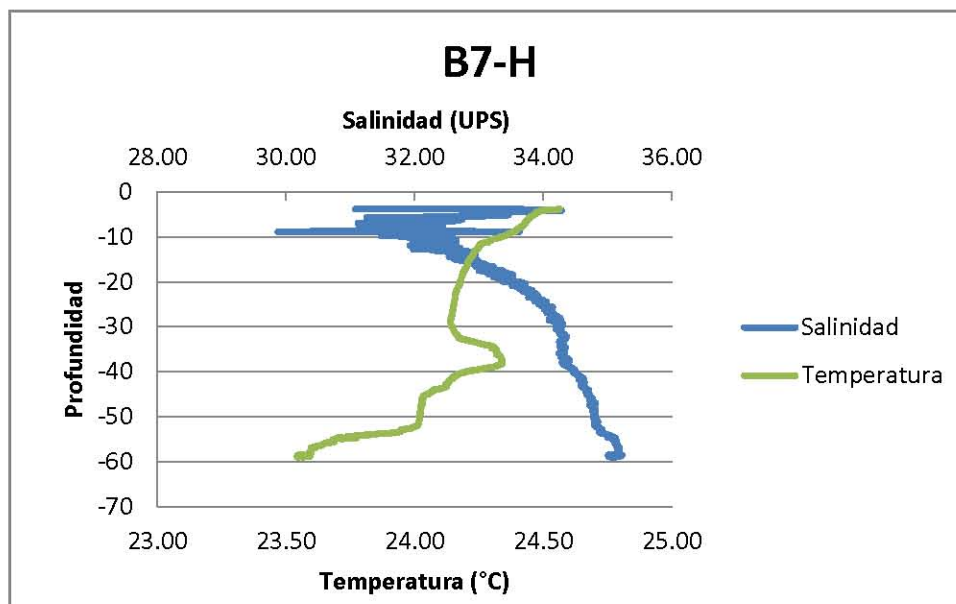


Gráfica 6.5 Salinidad y temperatura en B7-G

En el punto B7-G nuevamente se puede apreciar un solo punto para la termoclina, haloclina y picnoclina alrededor de los 120 metros de profundidad; esta caracterización nos permite observar un perfil bien definido con dos diferentes masas de agua oceánica, presente en este punto de estudio y definida por sus diferencias de densidad.



### B7-H



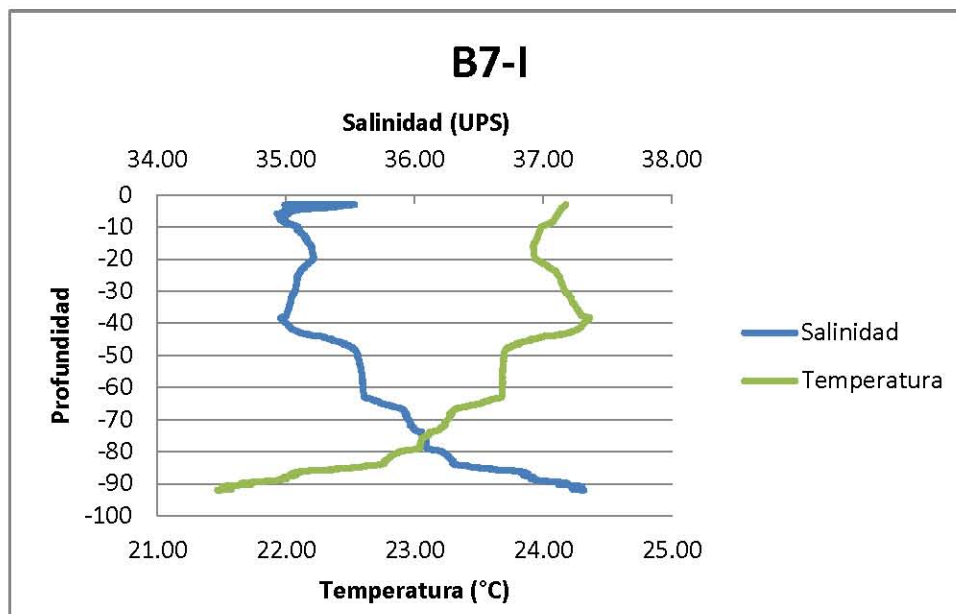
Gráfica 6.6 Salinidad y temperatura en B7-H

Para la relación que existe entre la salinidad y la temperatura en el punto B7-H se puede encontrar nuevamente un solo punto de convergencia entre la haloclina, termoclina y la pycnoclina a los 15 metros de profundidad siendo esto indicativo de la presencia de dos masas de agua oceánica, así como de una columna de agua estratificada en dos capas.





B7-I

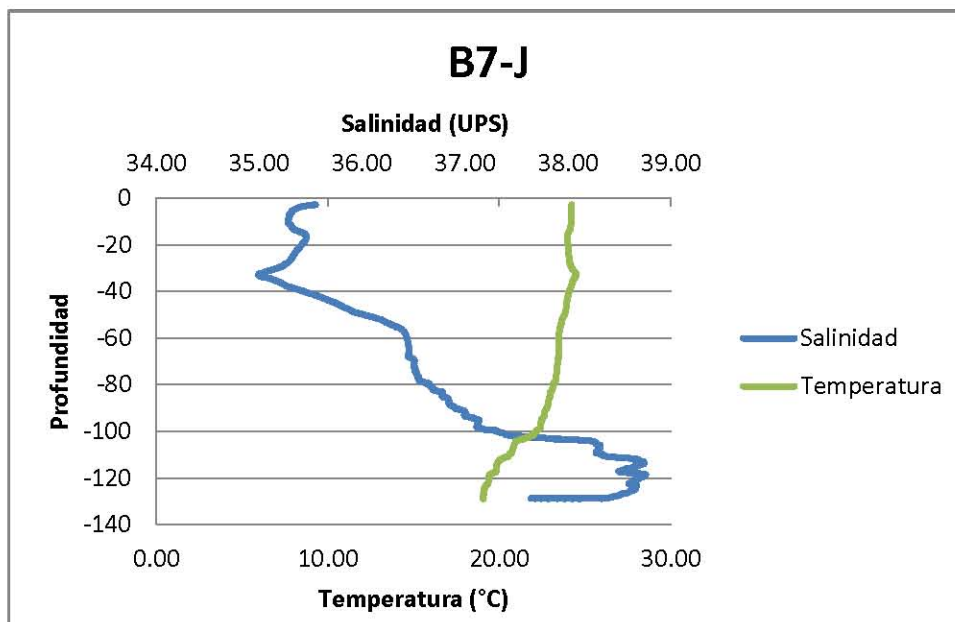


Gráfica 6.7 Salinidad y temperatura en el B7-I

Se encuentra nuevamente una relación inversamente proporcional casi en espejo entre el descenso de la temperatura y el aumento de la salinidad en este caso la haloclina y la termoclina se encuentran a una profundidad de 40 metros mientras la picnoclina se puede ver a una profundidad de 75 metros aproximadamente profundidad a la que se detecta nuevamente la presencia de dos masas de agua oceánicas, mismas que se detectaron a lo largo de cada punto muestreado en el Área Contractual 7.



B7-J



Gráfica 6.8 Salinidad y temperatura en B7-J

En el punto B7-J se encontró la haloclina aproximadamente a los 40 metros de profundidad, los datos muestreado no muestran una termoclina contundente sin embargo la picnoclina está claramente definida por debajo de los 100 metros de profundidad nuevamente se puede encontrar la presencia de dos masas de agua oceánicas presentes en la columna de agua del punto B7-J del Área Contractual 7.

Tabla 6.12 Masas de agua en el Golfo de México

	Masas de Agua	Profundidad
1	Agua Común del Golfo	0-500 metros de profundidad
2	Agua Subtropical Subyacente	
3	Agua de los 18°C del Mar de los Sargazos	
4	Agua Central del Atlántico Tropical	
5	Agua Antártica Intermedia	500-3650 metros de profundidad
6	Agua Profunda del Antártico Norte	
7	Mezcla de Agua Intermedia del Caribe con Agua Profunda del Antártico Norte	



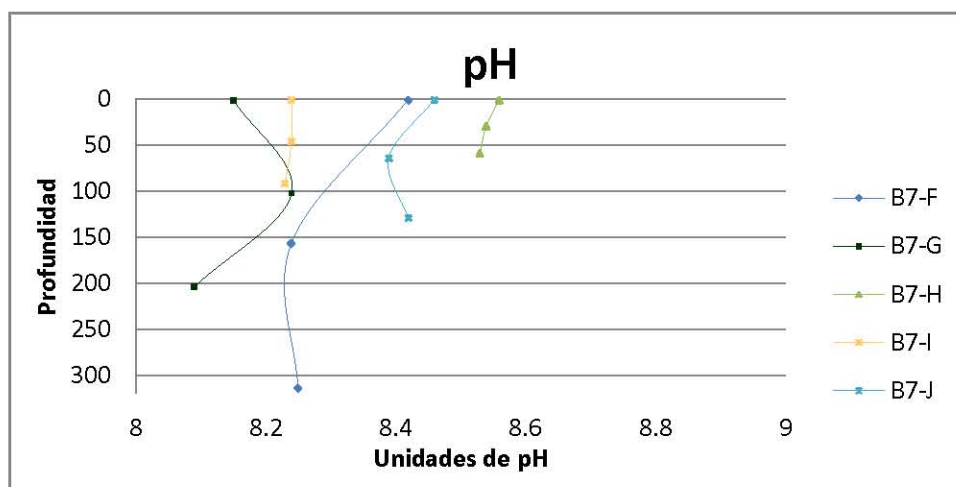
Derivado del análisis de la relación entre la salinidad y la temperatura del agua que se encuentra en el Área Contractual 7 se puede determinar la presencia de las dos masas de agua, la de Agua Común del Golfo así como la de Agua Subtropical subyacente mismas que presentan salinidades máximas entre 36.7 y 36.8 UPS y son transportadas desde el mar Caribe por la Corriente de Lazo (Tabla 6.12).

Con base en los datos de campo anteriormente revisados se encuentra en la columna de agua del Área contractual 7 el comportamiento esperado para esa región; con relación a las relaciones entre la salinidad, temperatura y por tanto las densidades que caracterizan la zona.

Con esto se puede inferir un comportamiento adecuado de la columna de agua y apegado a los parámetros naturales reportados con anterioridad por la bibliografía.

### 6.2.7.3 Resultados y análisis de pH

El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.5 y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos (Gráfica 6.9).



Gráfica 6.9 Comportamiento del pH en el Área Contractual 7

El pH en el Área Contractual 7 varió entre 8.09 y 8.56, encontrándose el valor más alto en la toma de agua superficial del punto B7-H y el más bajo en la zona más profunda del punto B7-G; ambos extremos caen dentro de los valores





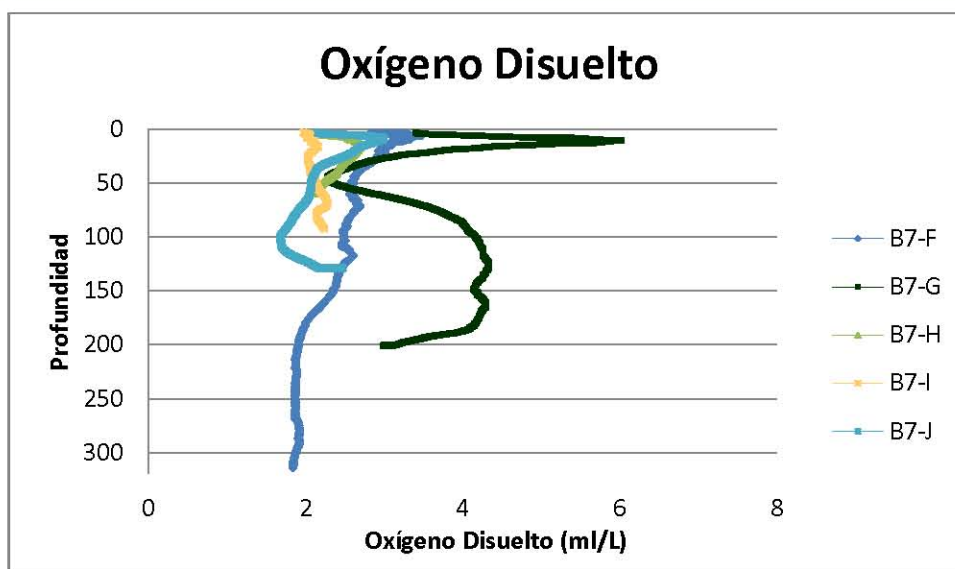
encontrados en la bibliografía para el área de estudio esto se explica porque las aguas marinas cuentan con una reserva de carbonatos que le permite tener una reserva alcalina muy fuerte permitiéndole ser un buffer que no permite la variación del pH fácilmente; adicionalmente esta fluctuación ligera refleja una estabilidad a lo largo de la columna de agua donde no se dan cambios drásticos en la salinidad temperatura o en la actividad registrada para los organismos registrados en esta Área Contractual 7.

El pH tuvo variaciones ligeras en los diferentes puntos de muestreo del Área Contractual 7, presentando valores entre 8.15 y 8.56 unidades de pH. Estos valores se encuentran dentro del criterio de comparación de la USEPA para vida acuática que es 6.5 – 8.5 para océanos donde la profundidad es mayor que la zona eufótica.

#### 6.2.7.3.1 Resultados y análisis de oxígeno disuelto y turbidez

Por lo general en las aguas superficiales el oxígeno se encuentra en concentraciones de sobresaturación; la profundidad de compensación es aquella que se encuentra en la base de la zona fótica y se define como aquella profundidad en la que el oxígeno liberado por la fotosíntesis es igual al oxígeno utilizado en la respiración (Joan Brown *et al.*, 1989)

Por debajo de la zona fótica la respiración usa el oxígeno disponible y se desarrolla una capa de oxígeno mínimo a una profundidad de unos cuantos cientos de metros; el agua de los fondos oceánicos se encuentra bien oxigenada ya que están alimentados por las masas de agua polar que están frías y bien oxigenadas (Joan Brown *et al.*, 1989).



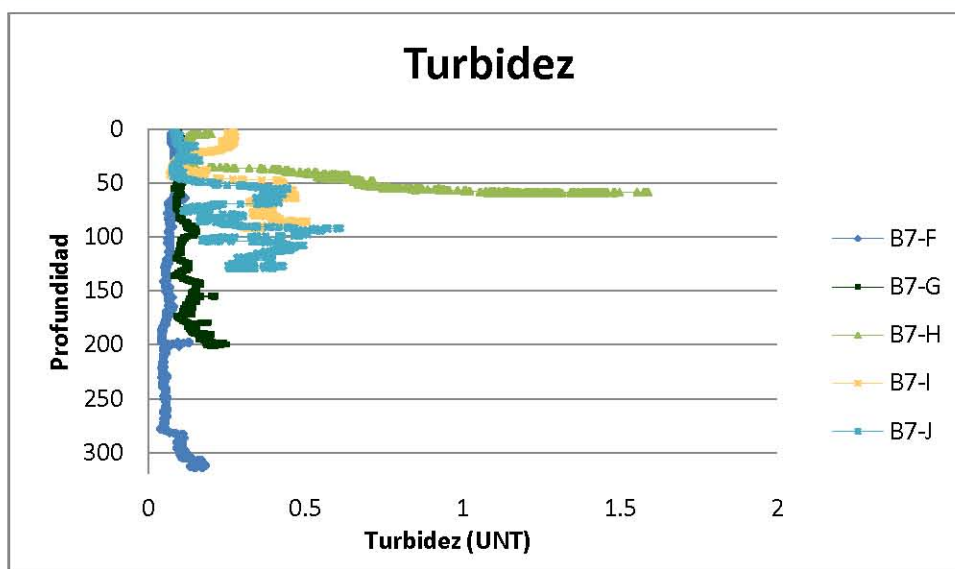
Gráfica 6.10 Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 7

El oxígeno disuelto (OD) presentó valores de 1.68 hasta 5.90 ml/L (Gráfica 6.10). En general, las muestras superficiales presentaron los valores más altos, sin embargo, el rango de 4.70 a 9.90 m de profundidad es el que tiene las lecturas más altas de OD, llegando hasta 5.90 ml/L.

En cuanto a la turbidez, existe una amplia gama de material suspendido en las aguas marinas (seston) y la distinción entre lo que constituye el material realmente disuelto y el particulado ocasionalmente puede ser difícil de determinar, diferentes factores que pueden ser de origen natural o antrópico inciden en los incrementos de la turbidez en las aguas marinas costeras.

La turbidez constituye un indicador general de la calidad de las aguas aunque no ofrece resultados sobre un contaminante específico. Se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.

El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.



Gráfica 6.11 Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 7

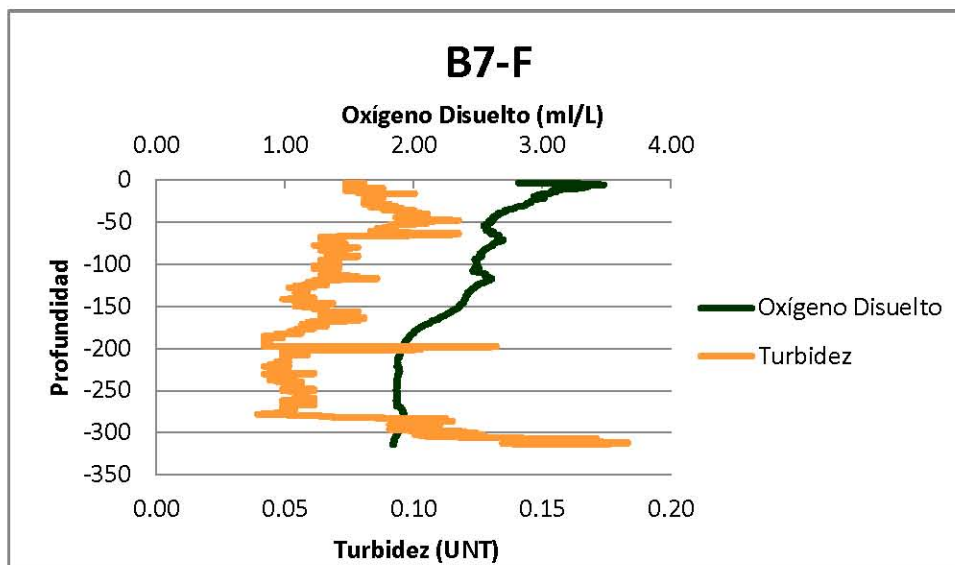
Los valores de turbidez se encuentran en el rango de 0.08 a 1.19 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (Gráfica 6.11), encontrándose los valores más altos en las muestras de fondo. En el punto de muestreo B7-H, la muestra de fondo (59 m de profundidad) presentó los valores de turbidez más altos y esto se puede asociar a un mayor movimiento y tránsito de organismos en el fondo marino o a levantamiento de partículas debido a la acción del Boxcore para tomar muestras de sedimento.

Las guías de calidad del agua de British Columbia, Canadá indican que la turbidez no debe exceder 8 UNT en 24 horas para que el agua sea adecuada para la vida acuática, los valores de turbidez del agua de mar del Área Contractual 7 se encuentran dentro de este rango.

A continuación se presenta en análisis de parámetros por punto de muestreo (Gráfica 6.12, Gráfica 6.13, Gráfica 6.14, Gráfica 6.15 y Gráfica 6.16):



B7-F

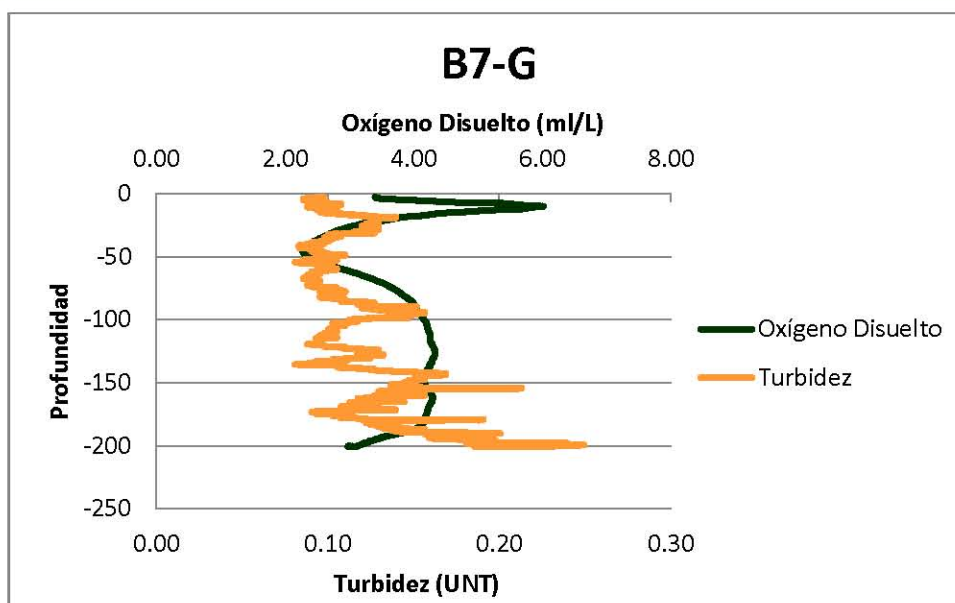


Gráfica 6.12 Turbidez y oxígeno disuelto en B7-F

En la gráfica elaborada para el punto B7-F se puede ver una relación inversamente proporcional entre la turbidez y la presencia de oxígeno disuelto donde a menor presencia de material suspendido se puede ver una mayor cantidad de oxígeno disuelto a lo largo de toda la columna de agua, por supuesto mostrando un incremento de la presencia de oxígeno disuelto hacia la superficie del mar, esto se explica por los procesos de mezcla turbulenta debidos a los vientos. Por otra parte, la correlación de menor turbidez está dada por la baja presencia de microorganismos, por lo que podemos hablar de una columna de agua en estado oligotrófico al momento de la toma de las muestras; esto puede estar explicado dado que la ubicación de esta Área Contractual 7 se encuentra 60 km mar adentro, por lo que es factible que la influencia costera se vea reducida.

B7-G

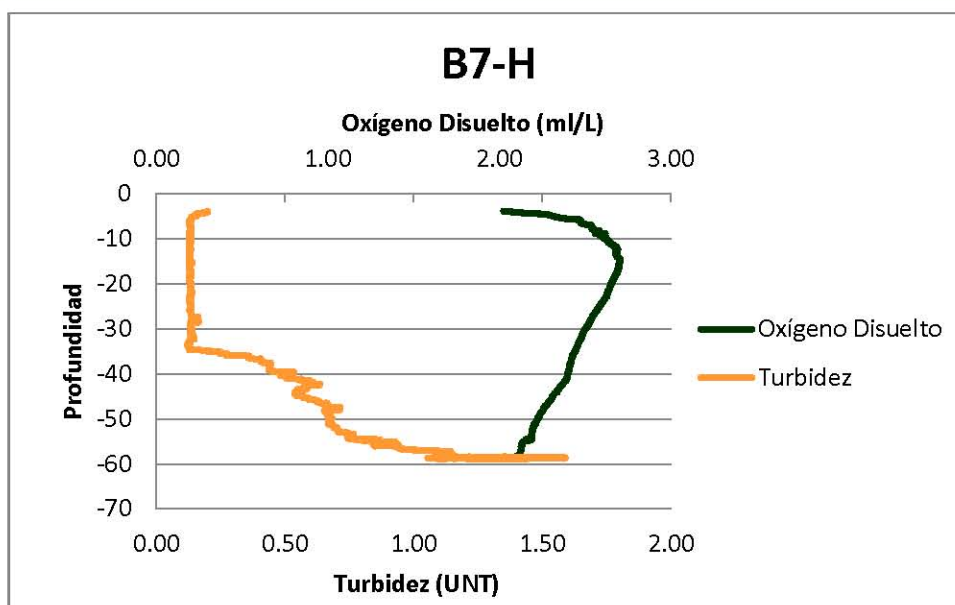




Gráfica 6.13 Turbidez y oxígeno disuelto B7-G

En la gráfica elaborada para el punto B7-G se puede notar una relación inversamente proporcional entre la turbidez y la presencia de oxígeno disuelto donde a menor presencia de material suspendido se puede ver una mayor cantidad de oxígeno disuelto a lo largo de toda la columna de agua, por supuesto mostrando un incremento de la presencia de oxígeno disuelto hacia la superficie del mar, esto se explica por los procesos de mezcla turbulenta debidos a los vientos. En este punto se puede ver también una baja presencia de microorganismos y concentraciones de oxígeno más altas.

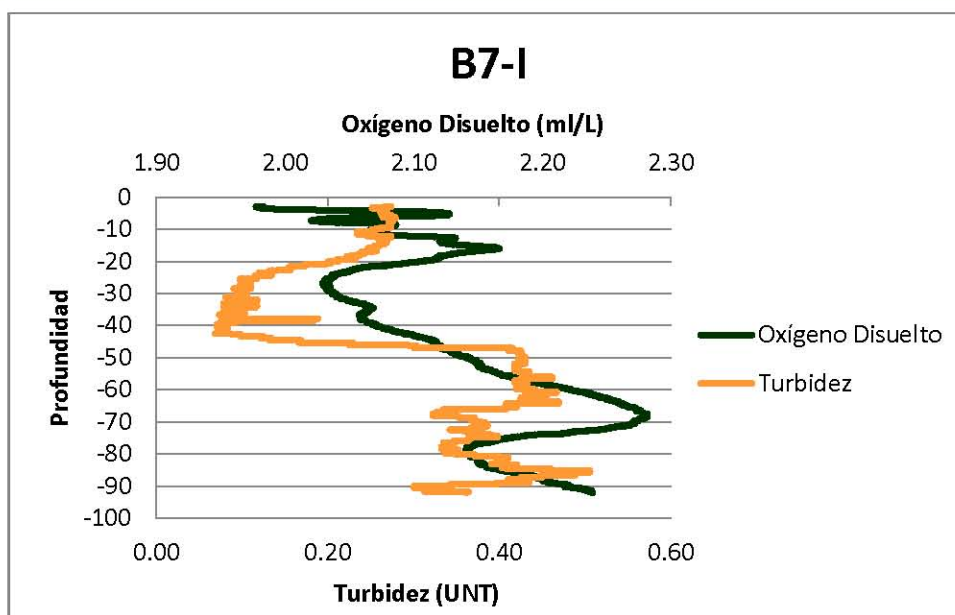
### B7-H



Gráfica 6.14 Turbidez y oxígeno disuelto en B7-H

En la gráfica elaborada para el punto B7-H se puede ver una relación inversamente proporcional entre la turbidez y la presencia de oxígeno disuelto donde a menor presencia de material suspendido se puede ver una mayor cantidad de oxígeno disuelto a lo largo de toda la columna de agua, por supuesto mostrando un incremento de la presencia de oxígeno disuelto hacia la superficie del mar, esto se explica por los procesos de mezcla turbulenta debidos a los vientos. Por otra parte, la correlación de menor turbidez está dada por la baja presencia de microorganismos, por lo que podemos hablar de una columna de agua en estado oligotrófico al momento de la toma de las muestras; esto puede estar explicado dado que la ubicación de esta Área Contractual 7 se encuentra 60 km mar adentro, por lo que es factible que la influencia costera se vea reducida.

### B7-I

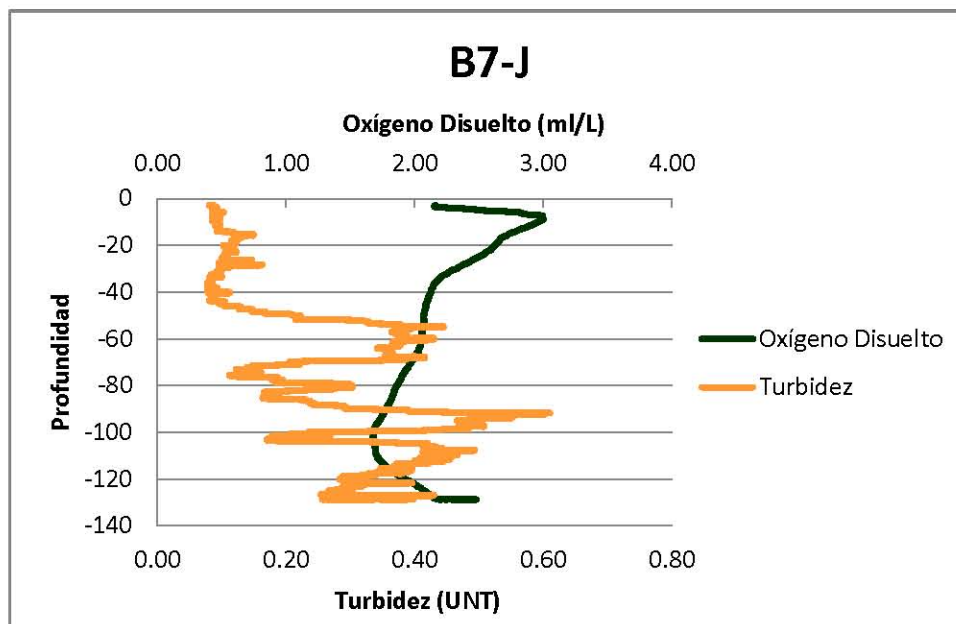


Gráfica 6.15 Turbidez y oxígeno disuelto en B7-I

En la gráfica elaborada para el punto B7-I se puede ver una inversamente proporcional, encontrándose puntos en la columna de agua donde se tiene una mayor concentración de oxígeno y una menor concentración de materia orgánica suspendida, la explicación de esta relación en la columna de agua está dada por la baja presencia de microorganismos consumidores de oxígeno. Este comportamiento de la gráfica que se presenta indica un comportamiento esperado para la columna de agua que se analiza en el punto del Golfo de México donde se tomaron estas muestras.



B7-J



Gráfica 6.16 Turbidez y oxígeno disuelto en B7-J

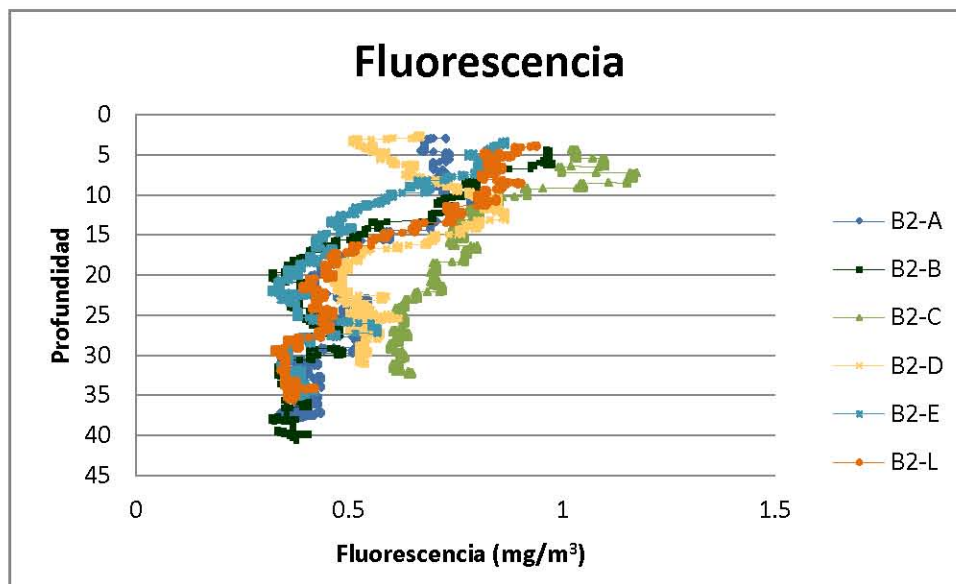
En la gráfica elaborada para el punto B7-J se puede ver una inversamente proporcional, encontrándose puntos en la columna de agua donde se tiene una mayor concentración de oxígeno y una menor concentración de materia orgánica suspendida, la explicación de esta relación en la columna de agua está dada por la baja presencia de microorganismos consumidores de oxígeno. Este comportamiento de la gráfica que se presenta indica un comportamiento esperado para la columna de agua que se analiza en el punto del Golfo de México donde se tomaron estas muestras.





#### 6.2.7.4

#### Resultados y análisis de fluorescencia



Gráfica 6.17 Comportamiento de la fluorescencia en el Área Contractual 7

La columna de agua marina en el Área Contractual 7 está en un rango de  $-0.02$  a  $1.10 \text{ mg/m}^3$  de fluorescencia, las lecturas más altas se localizan en un rango de  $13.0$  a  $26.5 \text{ m}$  de profundidad (Gráfica 6.17). En general, los valores de fluorescencia más altos se presentan en las muestras superficiales y las muestras más profundas presentaron valores negativos, esto se relaciona con la falta de luz solar a profundidades mayores a  $100 \text{ m}$  debido a que esta condición inhibe el desarrollo del fitoplancton que es el responsable de generar la clorofila a, la cual tiene la propiedad de la fluorescencia.

#### Clorofilas a

Signoret y colaboradores (1998) señalan que para el Sur del Golfo de México las concentraciones de clorofila a varían respecto a la profundidad. En el intervalo de  $0$  a  $41 \text{ m}$  es de  $0.04 \text{ mg/m}^3$ ; de  $42$  a  $81 \text{ m}$  es de  $0.10 \text{ mg/m}^3$  y a partir de  $82 \text{ m}$  de profundidad, esta cambia a  $0.31 \text{ mg/m}^3$ . Este parámetro se considera como un indicador grueso de la biomasa fitopláctica (Cowles *et al.*, 1993; Lambert *et al.*, 1999).

Los resultados de laboratorio muestran que no se detectó clorofila a en concentraciones por arriba del límite de cuantificación en ninguna de las



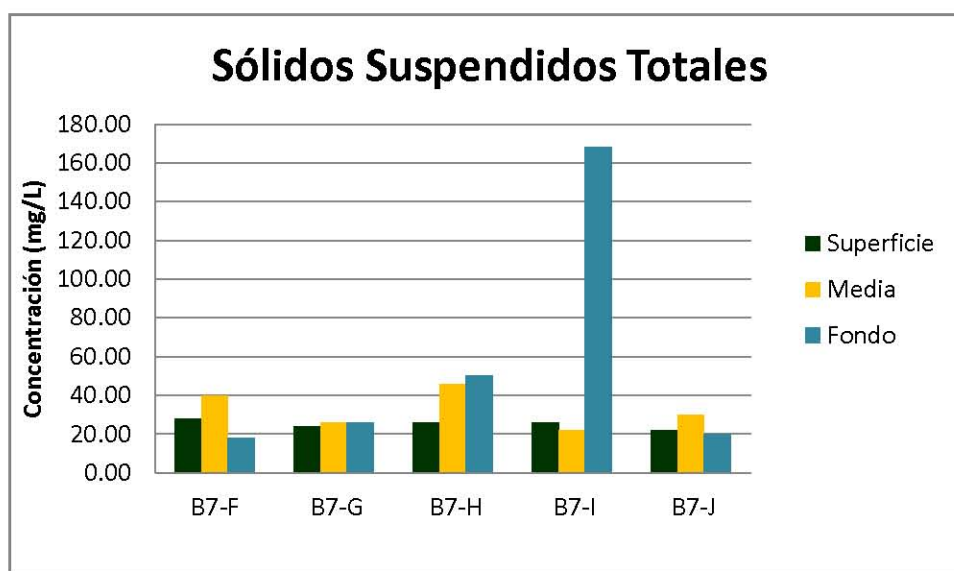
muestras. Sin embargo, es posible que exista clorofila a, especialmente en la superficie marina, en concentraciones bajas, menores a 0.50 mg/L.

En Apéndice 6.2 se presentan los resultados analíticos de clorofila a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.

### *Sólidos suspendidos totales (SST)*

Los sólidos suspendidos totales (SST) incluyen sedimentos y materia orgánica que aportan fundamentalmente nutrientes, y tienen su origen en las aguas residuales y en la erosión del suelo.

En el Área Contractual 7, se detectaron SST en un rango de 18.00 a 168.00 mg/L. Las muestra que presentó el valor más alto fue la B7-HF = 168.00 mg/L. En la Gráfica 6.18 se aprecia que las muestras más profundas (204 y 314 m) presentaron valores bajos de SST, por lo que la tendencia fue la disminución de la concentración de SST conforme aumentó la profundidad de la columna de agua marina.



*Gráfica 6.18 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales en agua marina*

En el Apéndice 6.3 se presentan los resultados analíticos de SST a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.



#### 6.2.7.5

##### *Resultados analíticos*

Los resultados analíticos fueron comparados contra el criterio de HTP de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), establecido en 1976, así como los criterios de la Guía Canadiense de Calidad Ambiental (CEQG) publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME) y las Tablas de Referencia Rápida (SQuiRTs) publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA) para muchos otros parámetros.

En 1976, la UNESCO estableció un criterio de comparación para hidrocarburos disueltos en agua marina costera y en sedimento, con el cual se compararon los resultados de laboratorio. Por otro lado, la CCME tiene criterios de comparación de la Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino (ISQG), los cuales son equivalentes en casi todos los casos al valor TEL de la NOAA. El valor TEL es el Nivel de Efecto en el Umbral (es decir, es amenaza no potencial) y el valor PEL es el Nivel de Efecto Probable.

Cuando un elemento o compuesto excede el límite TEL, esto significa que ha pasado la concentración mínima por encima de la cual rara vez se producen efectos adversos sobre los organismos marinos. En cambio, cuando el analito excede el límite TEL pero está por debajo del PEL, los efectos adversos se verán reflejados ocasionalmente sobre los organismos. Finalmente, cuando un analito excede el valor PEL, los efectos adversos sobre la vida marina son frecuentemente observados.

Cabe indicar que a fin de lograr una mayor precisión en los resultados de metales, se realizó un posterior análisis de laboratorio e interpretación de los registros generados durante los ensayos de espectroscopia de absorción atómica a fin de detectar concentraciones de elementos metálicos por debajo del límite de cuantificación, llegando a determinar presencia de ciertos metales en algunas de las muestras.

Es importante mencionar que los límites de cuantificación se encuentran validados y certificados mediante las metodologías adecuadas para cada elemento.

Dentro de cada uno de los apartados se expresa el resultado obtenido durante la campaña oceanográfica realizada en el Área Contractual 7 del 1 al 3 de febrero de 2016 y la discusión bibliográfica adecuada a cada punto con la finalidad de contextualizar cada uno de los resultados.

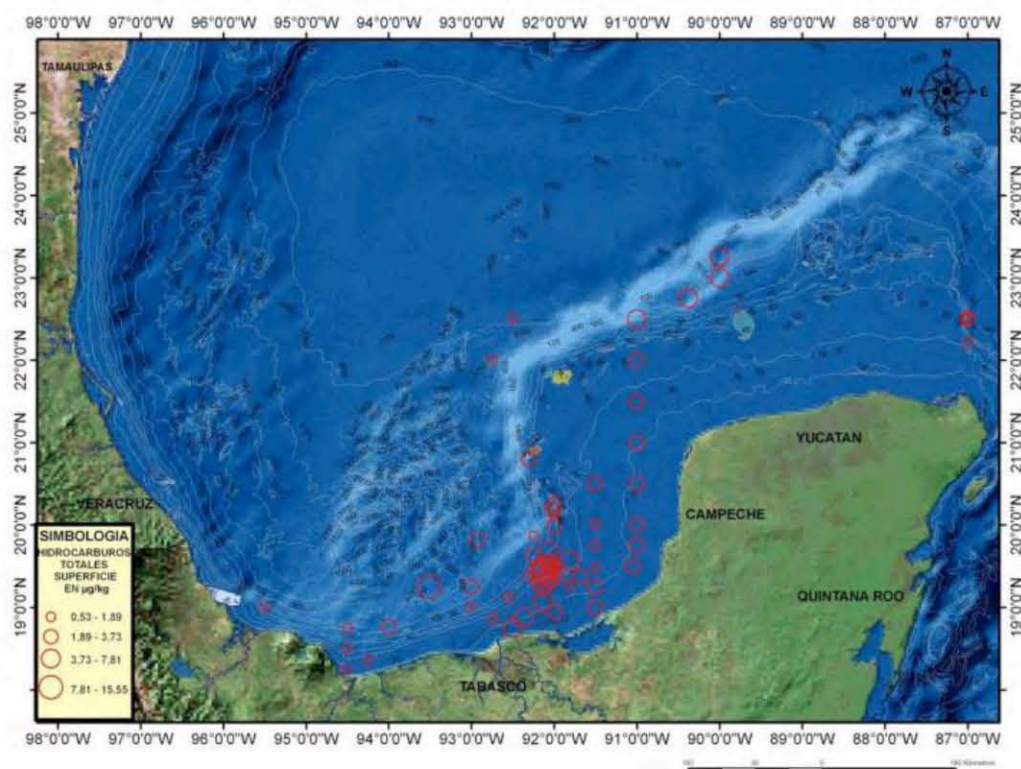




### *Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)*

En el Golfo de México los HTP se han investigado con anterioridad, estudios de PEP-UNAM durante el 2005 a 2008 señalan que el área aledaña al Área Contractual 7 ha presentado concentraciones de HTP en un rango de 0.00189 a 0.00373 mg/L.

En el Área Contractual 7, no se detectaron HTP (FL, FM y FP) en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio, a excepción de la muestra B7-JM, la cual presentó una concentración de HTP-FM = 0.57 mg/L. Esta concentración sobrepasa el límite establecido por la UNESCO en 1976 (HTP = 0.01 mg/L), que es un criterio de calidad de agua costera pero se considera como referencia en este estudio a falta de criterios más específicos (Figura 6.25).



Fuente: PEP-UNAM, 2005-2008

*Figura 6.25 Concentración de HTP en el Área Contractual 7*

En el Apéndice 6.4 se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.





### *Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)*

Los HAP son contaminantes ampliamente distribuidos en el ambiente marino debido a la actividad petrolera y han sido ampliamente estudiados debido a su carácter carcinogénico y mutagénico. Los HAP de bajo peso molecular, formados por 2 y 3 anillos, tienen toxicidad aguda, por lo cual NOAA ha establecido un límite máximo de exposición aguda que es 0.300 mg/L. En el Área Contractual 7 no se detectaron HAP en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio.

En el Apéndice 6.5 se presentan los resultados analíticos de HAP para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.

### *Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX)*

Los hidrocarburos monoaromáticos, también denominados BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceni y Xilenos) Los hidrocarburos monoaromáticos, también denominados BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) son contaminantes derivados del petróleo y también han sido ampliamente estudiados y clasificados por su toxicidad, son medianamente solubles en agua, lo que permite su transferencia al agua marina. Los resultados analíticos en el Área Contractual 7 presentan que no hubo detecciones por arriba del límite de cuantificación del laboratorio en ninguna muestra de agua marina.

En el Apéndice 6.6 se presentan los resultados analíticos de BTEX para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.

### *Nutrientes*

Se evaluaron cuatro nutrientes en el agua de mar del Área Contractual 7 con el fin de conocer las características nutrimentales del mismo ya que estos son indispensables para iniciar las cadenas tróficas en el océano. Los nutrientes evaluados son los siguientes:

- Amonio ( $\text{NH}_4$ )
- Nitritos ( $\text{NO}_2$ )
- Nitratos ( $\text{NO}_3$ )
- Fosfatos ( $\text{PO}_4$ )
- Silicatos-Sílice (Si)

Los cambios en las concentraciones de estos nutrientes en el mar son producto de aportes de las actividades antropogénicas y de las descargas residuales sin ningún tipo de tratamiento (Reyes 2001), y las consecuencias en la comunidad de fitoplancton apuntan a un aumento de dinoflagelados y clorofitas.

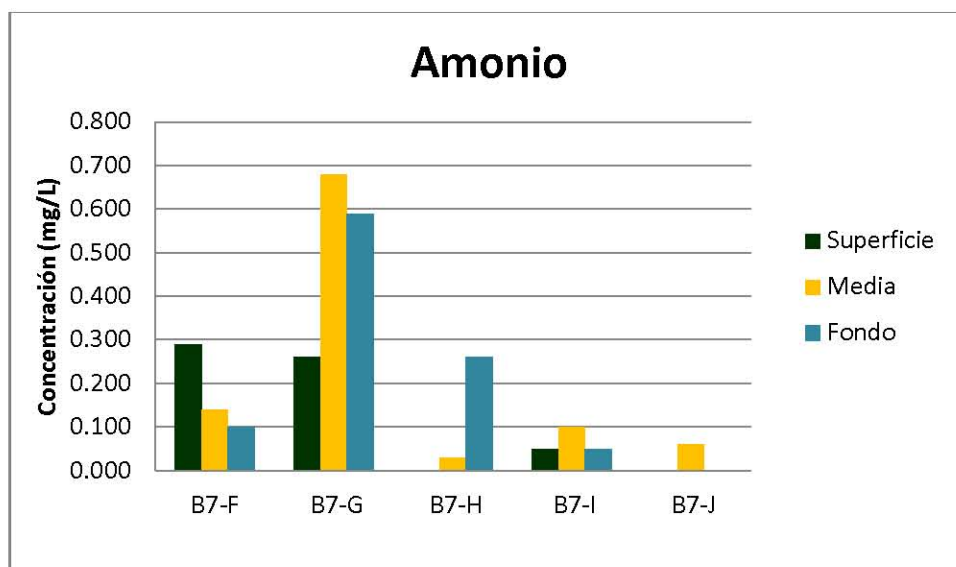


En el Apéndice 6.7 se presentan los resultados analíticos de nutrientes a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.

### *Amonio*

El amonio es una base que se encuentra en al agua de mar y que puede llegar a niveles muy altos cuando hay aporte del mismo al agua a través de ríos; este puede provenir de la descomposición de nitrógeno de la materia orgánica, realizado por bacterias.

En el Área Contractual 7 se detectaron concentraciones de amonio en un rango de 0.030 a 0.680 mg/L, únicamente dos muestras superficiales (B7-HS y B7-JS) y una de fondo (B7-JF) presentó concentraciones por debajo del límite de cuantificación del laboratorio.



Gráfica 6.19 Concentración de amoniaco en agua de mar

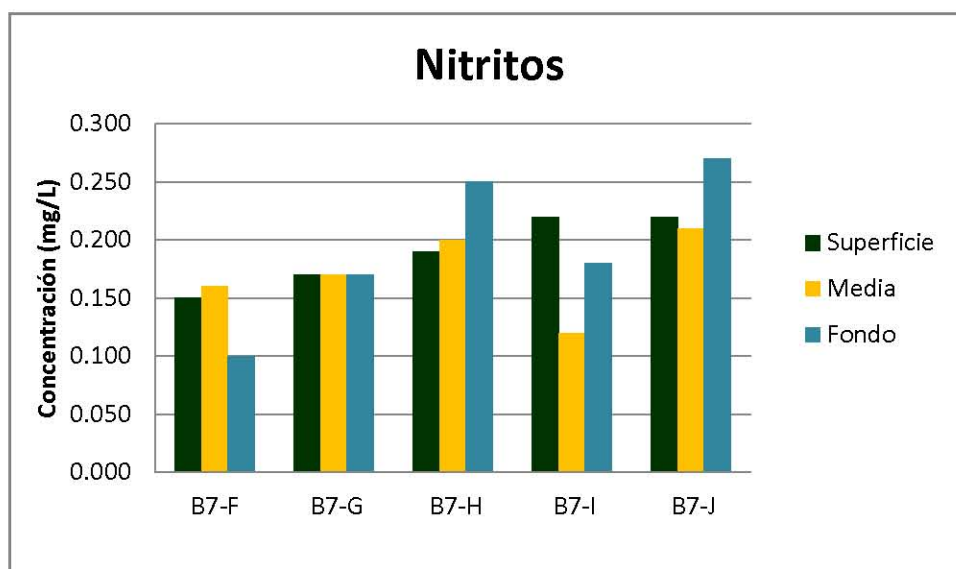
### *Nitritos (NO<sub>2</sub>) y Nitratos (NO<sub>3</sub>)*

El nitrógeno es el gas que se encuentra en mayor proporción en el mar, pero por su carácter inerte no interviene en el ciclo biológico de las sustancias nitrogenadas, aunque existen en el mar ciertas bacterias que son capaces de producirlo y otras de fijarlo.

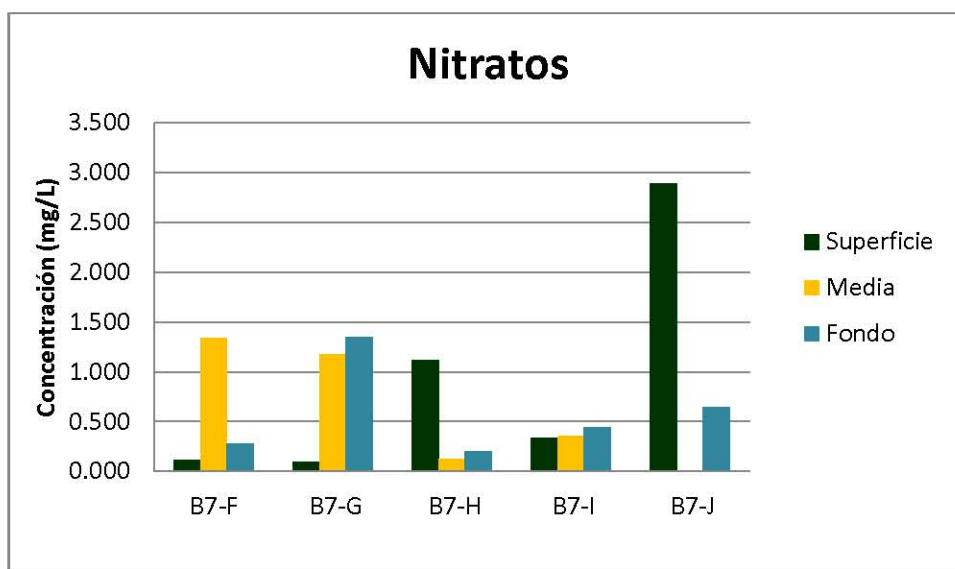
La reserva principal en el agua del mar está constituida por los nitratos y en menor cantidad por el amoniaco y los nitritos (Lemus).



En el Área Contractual 7 se presentaron concentraciones de nitritos en un rango de 0.100 a 0.270 mg/L en todas las muestras analizadas, sin particularidad en toda la columna de agua de cada punto de muestreo (Gráfica 6.20). En el caso de los nitratos, únicamente una muestra no presentó una concentración por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, en el resto de las muestras se detectaron nitratos en un rango de 0.100 a 2.890 mg/L (Gráfica 6.21), y estos valores están por debajo del criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (nitratos = 200.00 mg/L).



Gráfica 6.20 Concentración de nitritos en agua de mar



Gráfica 6.21 Concentración de nitratos en agua de mar

#### *Fosfatos ( $PO_4$ )*

El fósforo se presenta como fosfatos en el agua marina y es un elemento que forma parte de los seres vivos, por ejemplo de la cubierta de los dinoflagelados y permite que éstos produzcan bioluminiscencia (Lemus).

Generalmente el agua marina presenta una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. En el Área Contractual 7 únicamente se detectaron concentraciones de fosfatos por arriba del límite de cuantificación en cinco muestras en un rango de 1.07 a 1.80 mg/L, sin embargo, estos compuestos pueden estar presentes en concentraciones más bajas en el agua del área de estudio.

#### *Silicatos (Sílice)*

Los silicatos son los nutrientes escasos en el medio marino, promediando valores alrededor de 5 mg/L. Las aportaciones externas al agua marina se relacionan con descargas industriales y domésticas.

En el Área Contractual 7 sólo se detectó sílice en una muestra, con un valor de 1.80 mg/L en la muestra B7-JM.

#### *Metales*

El agua de mar tiene naturalmente metales disueltos en él, los cuales son requeridos en pequeñas cantidades por organismos para completar su ciclo vital, sin embargo, el exceso de estos o la aparición de metales ajenos al medio marino puede indicar contaminación. Para este estudio se analizaron 12 metales en el agua marina:





- Hierro (Fe)
- Zinc (Zn)
- Cadmio (Cd)
- Plomo (Pb)
- Cobre (Cu)
- Cromo Total (Cr)
- Mercurio (Hg)
- Níquel (Ni)
- Cobalto (Co)
- Vanadio (V)
- Bario (Ba)
- Estaño (Sn)

La distribución y comportamiento de los metales en agua marina es afectada por varios procesos como son: la mezcla de masas de agua, la interacción agua-partícula, el mecanismo de adsorción-desorción y la difusión de la parte baja de los sedimentos (Medina, 2006); en las siguientes secciones se presenta el comportamiento de los metales en el Área Contractual 7.

En el Apéndice 6.8 se presentan los resultados analíticos de metales para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 7.

### *Hierro (Fe)*

El Hierro tiene un papel importante en la bioquímica oceánica y se sabe que su presencia en bajas concentraciones indica una pobre actividad biológica, con gran cantidad de nutrientes y una baja producción de fitoplancton.

En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Hierro por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio, sin embargo al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se encontraron concentraciones de hierro en la muestra B7-HS de 0.29 mg/L, el cual excede el límite de exposición crónica de la NOAA (0.05 mg/L).

Adicionalmente, se tienen registros de Hierro en el agua de mar de la Sonda de Campeche, tomados en la Campaña Oceanográfica SGM-8 de la UNAM en 2003,



que presentan concentraciones de 0.00023 mg/L a 0.0445 mg/L. Por lo tanto, en el área de estudio podría haber concentraciones traza de este metal en el agua marina.

### *Zinc (Zn)*

El Zinc es un metal de relevancia, ya que es precursor de la enzima usada por el fitoplancton marino para catalizar la conversión del  $\text{NaHCO}_3$  a  $\text{CO}_2$  (Morel et al., 1994). Debido a las características del Zinc, este metal no se considera un contaminante, ya que es requerido por diversos organismos marinos como parte de su dieta (Medina, 2006).

En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Zinc por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

De acuerdo con los estudios de la UNAM se ha reportado valores de mínimos de 0.000022 mg/L y máximos de 0.0064 mg/L, por lo cual podría haber concentraciones traza de Zinc en el Área Contractual 7.

### *Cadmio (Cd)*

El Zinc es un metal de relevancia, ya que es precursor de la enzima usada por el fitoplancton marino para catalizar la conversión del  $\text{NaHCO}_3$  a  $\text{CO}_2$  (Morel et al., 1994). Debido a las características del Zinc, este metal no se considera un contaminante, ya que es requerido por diversos organismos marinos como parte de su dieta (Medina, 2006).

En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Zinc por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

La UNAM ha reportado valores de mínimos de 0.000022 mg/L y máximos de 0.0064 mg/L, por lo cual podría haber concentraciones traza de Zinc en el Área Contractual 7.



### *Plomo (Pb)*

Las concentraciones de Plomo, suelen encontrarse entre 0 y 20 m de profundidad, además de que la deposición atmosférica contribuye a estas. Este metal es incorporado a los océanos debido a las vertientes en ríos y lagunas terrestres.

La UNAM ha reportado que en la Sonda de Campeche se ha detectado Plomo en un rango de 0.000009 a 0.0014 mg/L y, específicamente en el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de este metal por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, aunque, podría haber concentraciones traza en el agua marina del área de estudio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### *Cobre (Cu)*

El Cobre es un oligoelemento de concentración relativamente constante en los océanos y se presenta generalmente en una concentración de 0.001 mg/L. Es parte esencial de los moluscos ya que forma parte de la hemocianina, que es su pigmento sanguíneo (Lemus).

En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Cobre por arriba del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Por otro lado, en la Campaña Oceanográfica de la UNAM en 2003 se detectó que en la Sonda de Campeche el Cobre en agua superficial presentó un valor máximo de 0.615 µg/L y un mínimo de 0.009 µg/L, por lo cual podrían existir concentraciones traza de este metal en el agua del Área Contractual 7.

### *Cromo Total (Cr)*

Rosas (1983) reporta concentraciones promedio de Cromo con un valor de 0.014 mg/L en el área circundante al área de estudio. Específicamente en el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Cromo por arriba de los límites de cuantificación, pero podrían existir concentraciones traza de este metal en el agua marina. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



### *Mercurio (Hg)*

Sólo una pequeña parte del mercurio en condiciones naturales se encuentra disuelto en el agua de mar (Botello, 1992), el resto del mercurio es incorporado a los océanos debido a las actividades antropogénicas. La importancia de este metal radica en que es bioacumulable a través de la cadena alimenticia. En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Mercurio por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### *Níquel (Ni)*

El Níquel es un metal esencial para los organismos vivos, sin embargo, es el metal que tiene menos tendencia a bioacumularse.

En la Campaña Oceanográfica SGM-8 de la UNAM se detectó Níquel en una concentración mínima de 0.00025 mg/L y máxima de 0.0028 mg/L en áreas aledañas al Área Contractual 7, sin embargo, específicamente en el área de estudio este metal no se detectó en concentraciones por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, aun así, el agua de mar podría tener concentraciones traza de este metal. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### *Cobalto (Co)*

El cobalto es un metal de transición que necesitan los organismos marinos en bajas concentraciones para su metabolismo, sin embargo, en altas concentraciones puede ser tóxico. Generalmente se transporta a los océanos a través de una fracción disuelta en ríos.

En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, sin embargo al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se encontraron concentraciones de cobalto en diez muestras (B7-GS, B7-HF, B7-HM, B7-HS, B7-IF, B7-IM, B7-IS, B7-JF, B7-JM, B7-JS y su duplicado) en un rango de 0.010 a 0.012 mg/L.

Estas concentraciones están por arriba del límite de exposición crónica de la NOAA, lo cual significa que a largo plazo se podrían observar efectos adversos en la vida acuática.





Así mismo, la información bibliográfica muestra que en la Sonda de Campeche se han reportado concentraciones de Cobalto de 0.000079 mg/L a 0.00093 mg/L.

### *Vanadio (V)*

El Vanadio se libera al medio por acción de emisores naturales como volcanes y chapopoterías, así como por acción antropogénica (Middelburg et al., 1988; Emerson y Husted, 1991). El Vanadio en el agua de mar se comporta como un elemento bioactivo, mostrando una correspondencia con la distribución de fosfato y su tiempo de residencia oceánica puede llegar a los 100,000 años (Shiller y Boyle, 1987; Breit y Wanty, 1991).

No se detectaron concentraciones de Vanadio en el Área Contractual 7 por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, sin embargo al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se encontraron concentraciones de vanadio en cinco muestras, presentando las siguientes concentraciones:

- B7-FM = 0.029 mg/L
- B7-GM = 0.028 mg/L
- B7-GS = 0.028 mg/L
- B7-HS = 0.027 mg/L

Estas concentraciones están por debajo de los límites de comparación internacionales.

Por otro lado, la UNAM ha reportado que en la Sonda de Campeche el Vanadio está disuelto en el agua superficial en concentraciones de 0.000029 a 0.000099 mg/L, lo cual sugiere que en el área de estudio pueden existir concentraciones traza de este metal en las otras muestras de agua tomadas en el área de estudio.

### *Bario (Ba)*

El Bario es un contaminante asociado a los fluidos de perforación ya que anteriormente se usaba en forma de barra (Gold).

La UNAM ha reportado concentraciones máximas de Bario de 0.000017 mg/L en áreas aledañas al área de estudio. En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Bario por arriba de los límites de cuantificación, sin embargo el agua marina podría contener concentraciones traza de este metal. Al realizarse



el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

#### *Estaño (Sn)*

El estaño es un metal pesado que afecta diversas funciones fisiológicas a nivel respiratorio, excretor, nutricional y también el crecimiento y el comportamiento de peces, crustáceos y moluscos. En el Área Contractual 7 no se detectaron concentraciones de Estaño por arriba de los límites de cuantificación, y tampoco se cuentan con datos de otras campañas oceanográficas para su comparación. . Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### 6.2.8

#### *Calidad de Sedimento Marino*

En la Tabla del Apéndice 6.9 se presenta un resumen del muestreo y análisis de los parámetros de calidad del sedimento marino para el Área Contractual 7.

#### *Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)*

Durante el Programa de Monitoreo y Vigilancia Ambiental (PMVA) realizado en el período de 1999 a 2012 en el sureste del Golfo de México, se tomaron y analizaron muestras de sedimento marino para HTP. El PMVA presentó registros por debajo de las 50 ppm en el periodo 1999-2005 y el año 2012, mientras que en los años 2009 y 2011 se registraron valores de hasta 70 ppm, lo cual es considerado por la UNESCO (1976) como un criterio de contaminación en el sedimento marino.

Sin embargo, específicamente en el Área Contractual 7, los HTP-FL, FM y FP no fueron detectados por arriba de los límites máximos de cuantificación del laboratorio en todas las muestras analizadas.

En el Apéndice 6.10 se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 7.

#### *Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)*

En el Área Contractual 7, no se detectaron concentraciones de HAP en ninguna de las muestras de sedimento por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio analítico.



En el Apéndice 6.11 se presentan los resultados analíticos de HAP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 7.

### *Metales*

La presencia de metales en el sedimento marino se puede relacionar con el tipo de actividad que se realiza en el área. Se pueden ver influenciados por el dragado (Esslemont, 2000,); por actividades humanas (Matthai, 2001; Lafabrie et al., 2007) y las actividades industriales desarrolladas en el área de interés (Sharma et al., 1999).

Los metales evaluados en el sedimento marino para este estudio de línea base son los siguientes:

- Hierro (Fe)
- Zinc (Zn)
- Cadmio (Cd)
- Plomo (Pb)
- Cobre (Cu)
- Cromo Total (Cr)
- Mercurio (Hg)
- Níquel (Ni)
- Vanadio (V)
- Plata (Ag)
- Bario (Ba)
- Litio (Li)
- Manganeso (Mn)
- Molibdeno (Mo)
- Selenio (Se)
- Estaño (Sn)



El comportamiento general de las concentraciones totales de metales pesados presentes en el sedimento marino del Área Contractual 7, se resume en el orden siguiente:

$Fe > Mn > Cu > Zn, Ba, Li, Va > Ni > Pb > Hg$

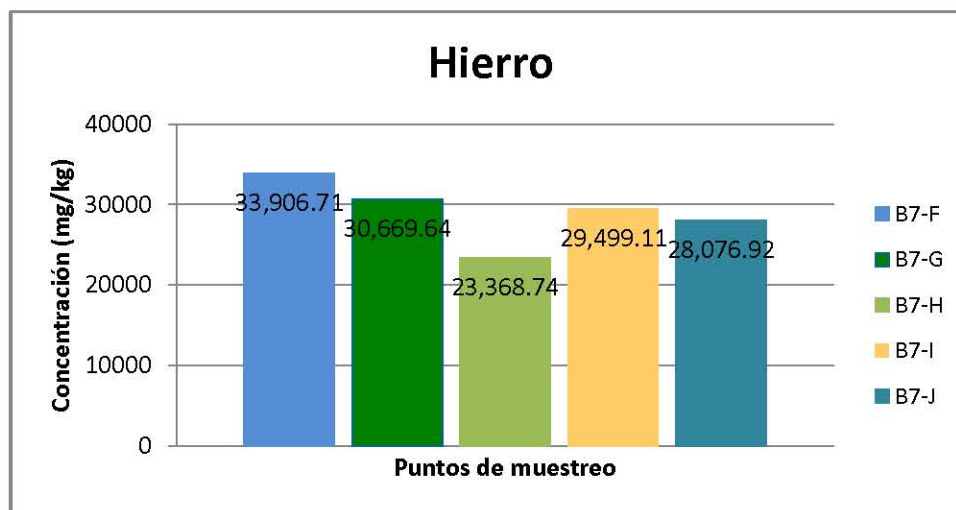
Es factible suponer que estos elementos son adsorbidos sobre las partículas sedimentarias, ya sea que provengan del continente a través de las descargas fluviales que son abundantes en esta región del Golfo de México, o debido al transporte atmosférico que los arrastra hacia la zona costera y oceánica donde se depositan y acumulan. La importancia de identificar concentraciones de metales pesados en el sedimento marino es que estos elementos pueden movilizarse y ser atrapados a través de las membranas biológicas de las diferentes especies marinas.

En el Apéndice 6.12 se presentan los resultados analíticos de metales para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 7.

#### *Hierro (Fe)*

El Hierro es un micronutriente importante para los organismos, ya que interviene en la productividad del plancton en el océano y se asocia a los gases de efecto invernadero (Bowie et al., 2002). Además, este metal puede provenir de residuos industriales y depósitos minerales (Acosta, 1976).

En el Área Contractual 7, el Hierro fue detectado en todas las muestras de sedimento y se encuentra en un rango de 23,368.74 a 33,906.71mg/kg (Gráfica 6.22).



Gráfica 6.22 Concentración de Hierro en sedimento marino

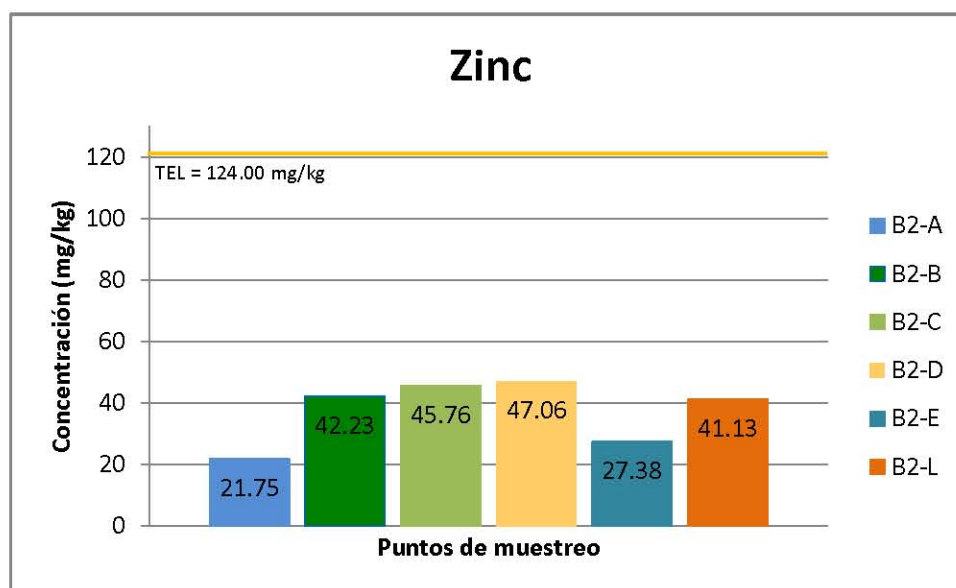




### Zinc Total (Zn)

La fracción del Zinc en combinación con óxidos de Hierro y de Manganeso es la más disponible para los organismos marinos (Kabata-Pendias y Pendias, 1992) y su solubilidad se ve afectada por las arcillas, óxidos, hidróxidos y el pH del mar.

El Zinc fue detectado en el sedimento marino del Área Contractual 7 en un rango de 21.75 a 47.06 mg/kg, pero por debajo de los límites establecidos en los SQiRTs de la NOAA que tiene el límite más estricto establecido al momento, como se observa en la Gráfica 6.23:



Gráfica 6.23 Concentración de Zinc en sedimento marino

Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### Cadmio (Cd)

Las concentraciones de Cadmio en sedimento se relacionan con las descargas de los ríos cercanos, a las características sedimentológicas y al contenido de materia orgánica en el sedimento, así como el vertido de residuos industriales (Álvarez et al., 1986; Botello y Páez-Osuna, 1986).

En el Área Contractual 7 no se detectó Cadmio en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio, sin embargo, al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se encontraron concentraciones en todas las muestras de sedimento, en un rango de 0.96 a 1.13 mg/kg. Estos valores están por arriba del

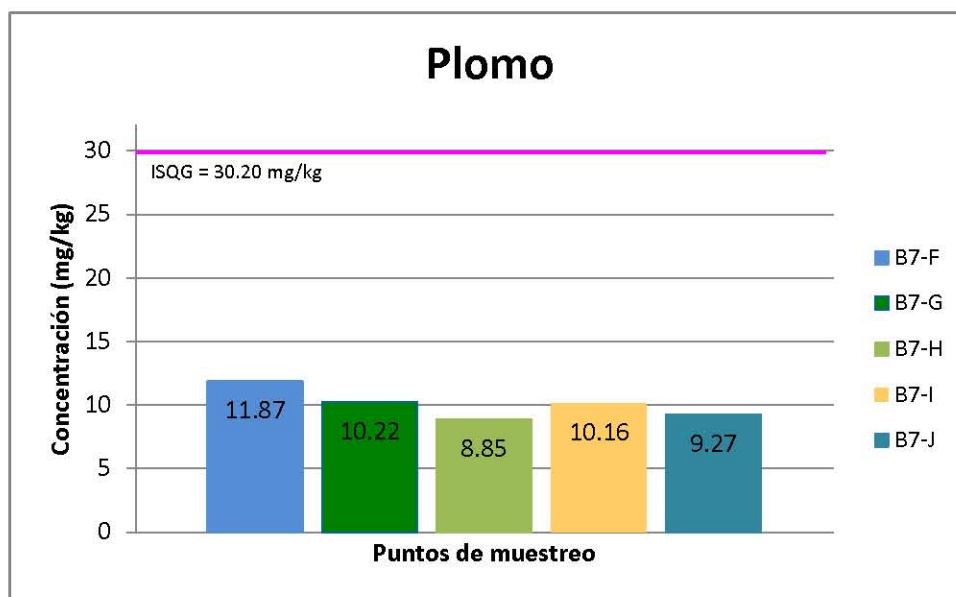


límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA, lo cual significa que estas concentraciones están en un rango dentro de los cuales se producen ocasionalmente efectos adversos.

### *Plomo (Pb)*

El contenido Plomo en sistemas acuáticos se debe principalmente al arrastre de sales de depósito mineral y a las industrias que fabrican sustancias como: el tetraetilo de plomo, ácido sulfúrico, etc. (Acosta, 1976; Prego y Cobelo-García, 2003). En el área de estudio se detectaron concentraciones en un rango de 8.85 a 11.87 mg/kg, por debajo de los criterios de comparación del CCME y los SQuiRTs de la NOAA (Gráfica 6.24).

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos comparados con la Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino de la CCME, que muestra el nivel más estricto hasta el momento.



*Gráfica 6.24 Concentración de Plomo en sedimento marino*

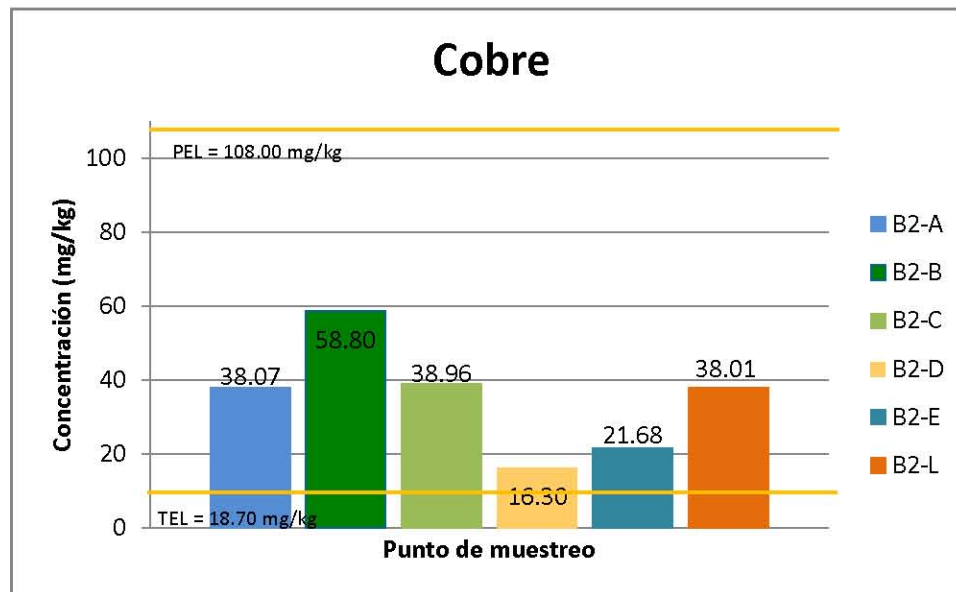
Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### *Cobre (Cu)*

El Cobre presente en el sedimento marino y agua de mar existe en dos estados de oxidación: Cu (I) y Cu (II), esta propiedad puede influenciar su equilibrio en el ambiente marino (Sadiq, 1992). En el Área Contractual 7, todas muestras de sedimento (5 muestras y un duplicado) presentaron concentraciones en un rango de 35.39 a 64.84 mg/kg, superiores al límite TEL pero menores al límite PEL



establecidos por la NOAA, esto significa que estas concentraciones están en un rango dentro de los cuales se producen ocasionalmente efectos adversos (Gráfica 6.25).



Gráfica 6.25 Concentración de Cobre en sedimento marino

#### *Cromo (Cr)*

No se detectaron concentraciones de Cromo Hexavalente, en ninguna muestra de sedimento marino del Área Contractual 7, por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

#### *Mercurio (Hg)*

El Mercurio es un metal no esencial y tóxico para los seres vivos, aún en bajas concentraciones la forma elemental y los compuestos orgánicos e inorgánicos son altamente nocivos (Villanueva y Botello, 1991).

Se detectó Mercurio en una muestra de sedimento en el Área Contractual 7, la cual presentó un valor inferior a los límites de comparación de la NOAA y del CCME. Esta muestra es B7-Ised = 0.091 mg/kg.

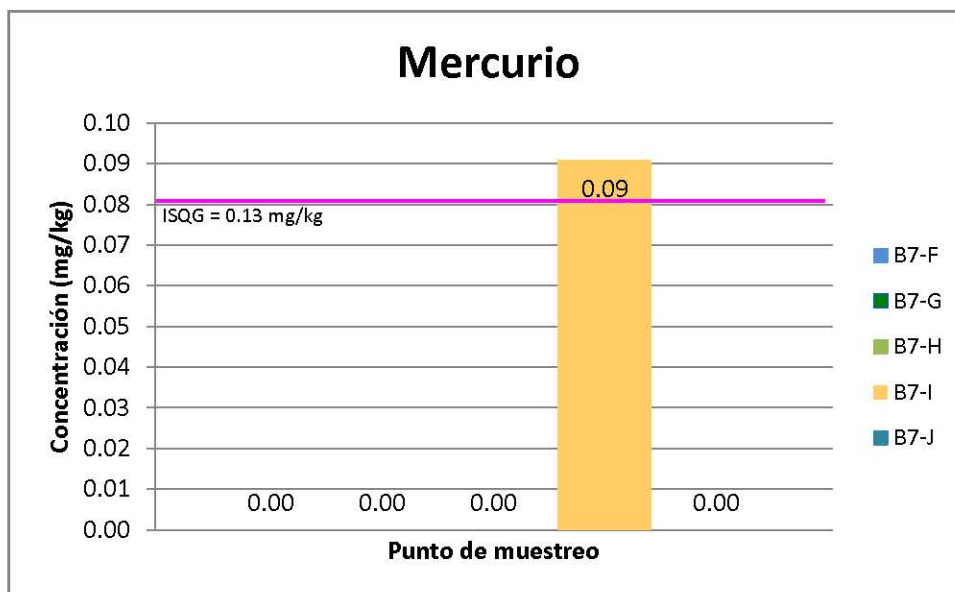


Figura 6.1 Concentración de Mercurio en sedimento marino

Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se detectaron concentraciones en dos muestras más, presentando las siguientes concentraciones:

- B7-Fsed = 0.065 mg/kg
- B7-Hsed = 0.070 mg/kg

Estas concentraciones están por debajo de los límites de comparación internacionales.

### Níquel (Ni)

El Níquel se asocia con descargas de origen industrial, principalmente por actividades petroquímicas, y generalmente se encuentra relacionado con el Cianuro, Mercurio y Arsénico (Rodier, 1990). En el Área Contractual 7, cuatro muestras y un duplicado presentaron concentraciones de Ni por arriba del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA, por lo cual las muestras alcanzan concentraciones que reflejan efectos adversos ocasionalmente. Sin embargo, la muestra B7-Gsed presentó valores superiores al límite PEL, lo cual indica que a esta concentración se presentan efectos adversos con frecuencia. Lo anterior se aprecia en la siguiente figura:



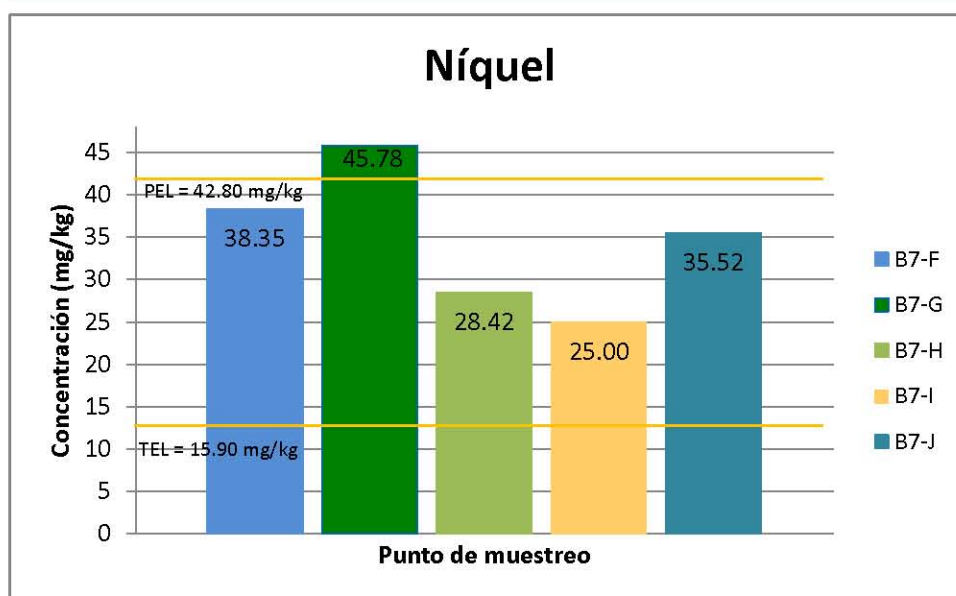


Figura 6.2 Concentración de Níquel en sedimento marino

El níquel es uno de los elementos asociados a la actividad petrolera, y puede evidenciar cierta influencia de actividades de esta índole en el área de estudio. Si bien se encuentra en concentraciones superiores al PEL es difícil evaluar su influencia directa sobre la biota marina y su desplazamiento dentro de la cadena trófica.

#### Vanadio

La presencia del Vanadio en sedimento marino se asocia a las actividades petroquímicas ya que entra al ambiente principalmente por la combustión de petróleo. En el Área Contractual 7 todas las muestras presentaron concentraciones de Vanadio en un rango de 30.29 a 55.81 mg/kg. No existe criterio de comparación para este metal.

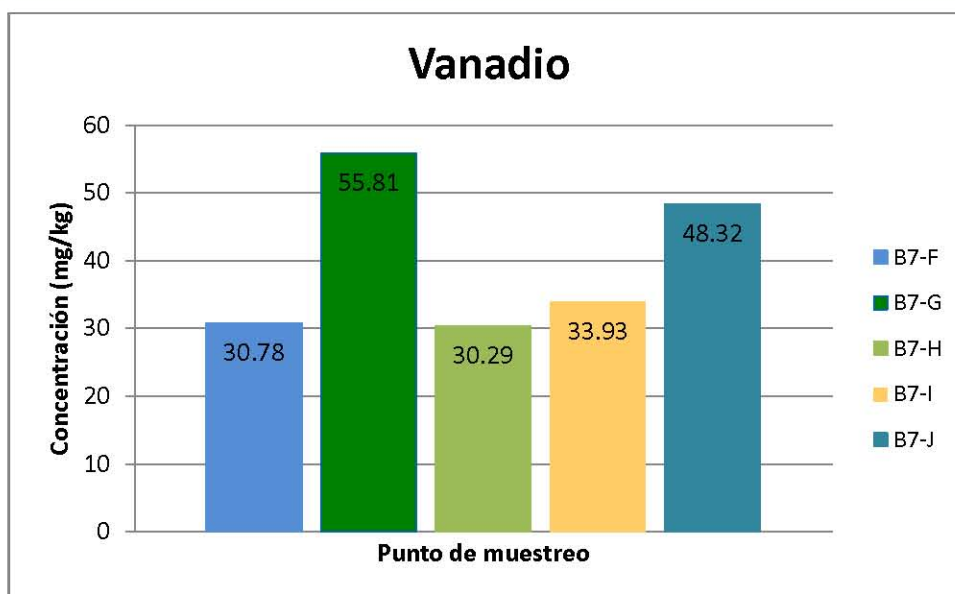


Figura 6.3 Concentración de Vanadio en sedimento marino

### Plata

No se detectaron concentraciones de Plata por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio en ninguna muestra por arriba del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

### Bario

El Bario tiene movilidad baja en los ecosistemas marinos ya que precipita en forma de sulfatos y carbonatos, y estos son atrapado por las arcillas (Garduño, 2012). En el Área Contractual 7 todas las muestras presentaron concentraciones de Bario en un rango de 30.06 a 56.16 mg/kg. No existe criterio de comparación para este metal.

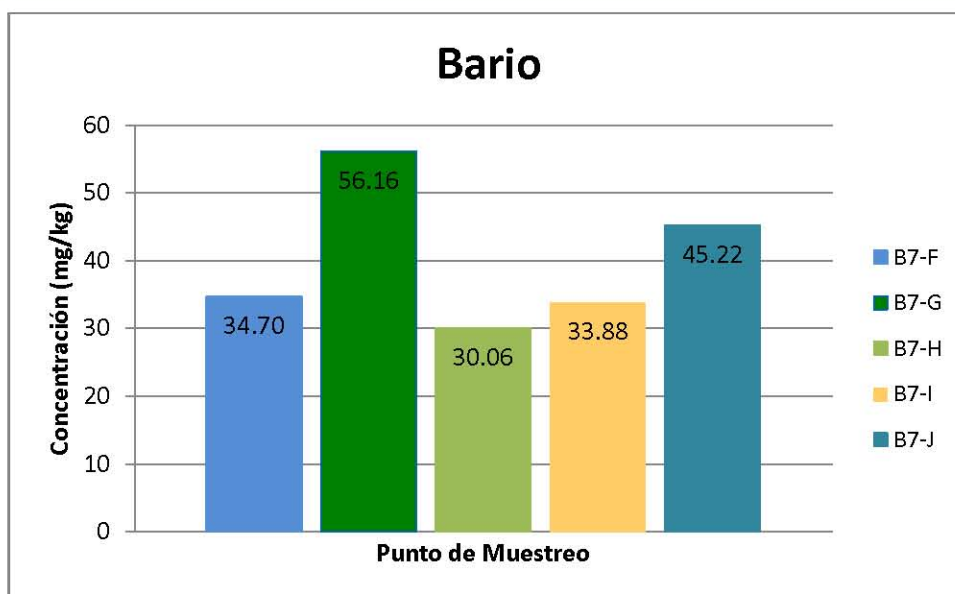


Figura 6.4 Concentración de Bario en sedimento marino

### Litio

Actualmente no se cuenta con registros puntuales de litio de campañas oceanográficas previas realizadas en el Golfo de México, ni estándares nacionales e internacionales de comparación. Sin embargo, se conoce que este metal se encuentra presente en una amplia gama de minerales (aproximadamente 145 especies mineralógicas) en tierra y en el mar, por ejemplo en salmueras asociadas pozos petroleros, también se encuentra presente en diversas arcillas (siendo la hectorita la más importante) y en el agua de mar (SE, 2014).

En el Área Contractual 7, las muestras de sedimento presentaron concentraciones de litio en un rango de 33.63 a 63.55 mg/kg.

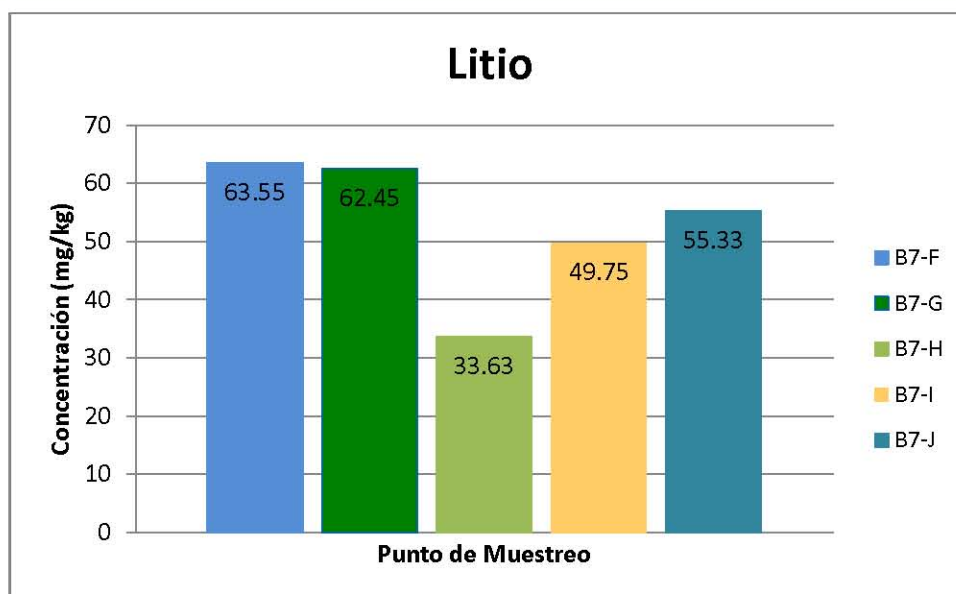


Figura 6.5 Concentración de Litio en sedimento marino

### Manganeso

El Manganeso se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, este metal está presente en estado soluble, en suspensión o en forma de complejo y su solubilidad depende del pH y oxígeno disuelto. En el Área Contractual 7 todas las muestras presentaron concentraciones de Manganeso en un rango de 303.19 a 402.50 mg/kg. No existe criterio de comparación para este metal.



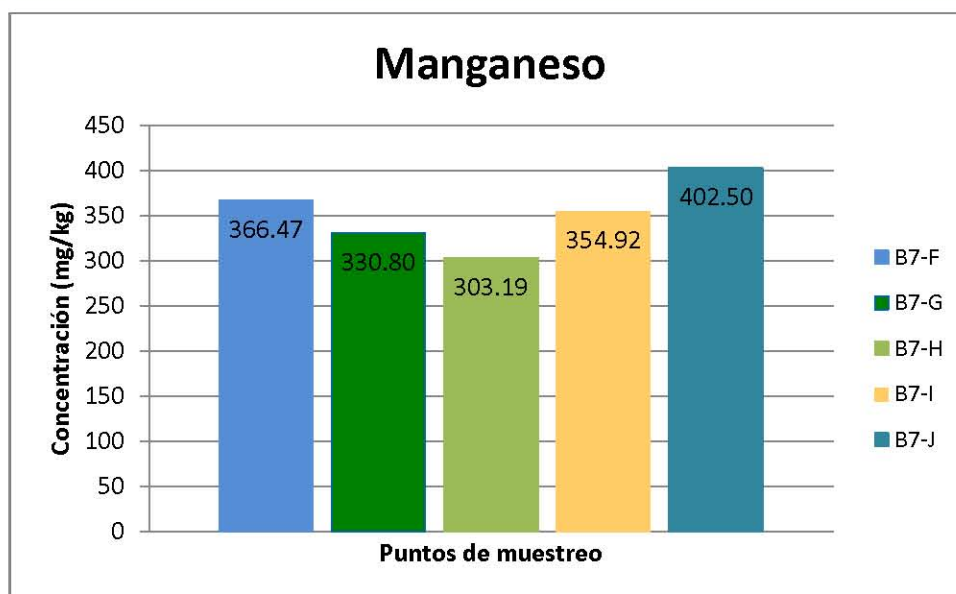


Figura 6.6 Concentraciones de Manganeso en sedimento marino

#### *Molibdeno*

En el Área Contractual 7 no se detectó Molibdeno en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

#### *Selenio*

En el Área Contractual 7 no se detectó Selenio en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

#### *Estaño*

En el Área Contractual 7 no se detectó Estaño en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



---

### *Propiedades físicas*

Las propiedades físicas evaluadas en el Área Contractual 7 para este estudio son las siguientes:

- Granulometría
- Textura del sedimento
- Materia orgánica (MO)

En el Apéndice 6.13 se presentan los resultados analíticos de las propiedades físicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 7.

### *Granulometría (partículas elementales)*

Se determinaron las partículas elementales del sedimento marino en el Área Contractual 7 y, en general, los resultados analíticos muestran que las partículas finas (arcilla) fueron las tuvieron el mayor porcentaje en el sedimento, tratándose de un sedimento fino. Es importante destacar que este tipo de sedimento presenta mayores concentraciones de metales debido a la superficie de adsorción del mismo (Valdés J., 2009).

### *Textura del sedimento*

En el Área Contractual 7 el fondo marino tuvo una batimetría heterogénea, con un rango de 60 a 315 m de profundidad. A pesar de esta diferencia, se encontró que en general el fondo marino es franco arenoso con porcentajes de arena entre 53.32 y 69.32 %. Únicamente el sedimento del punto B7-I es de tipo franco limoso.

### *Materia orgánica (MO)*

En el Golfo de México, el contenido de materia orgánica se distribuye por efecto de la dilución por el material terrígeno proveniente de las zonas cercanas a la costa (Balsam y Beeson 2003). Se han reportados valores MO en los sedimentos marinos de la Sonda de Campeche con una variación de 1.2 a 5.4%, sin distinguir un patrón general consistente en su distribución (Vela, 2005). Específicamente en el sedimento marino del Área Contractual 7 no se presentaron valores de MO mayores al límite de cuantificación del laboratorio, sin embargo, cálculos adicionales arrojaron que la materia orgánica está en un rango de 1.00 a 1.92%, lo cual se relaciona con el carbono orgánico total detectado también en el sedimento (Tabla 6.13).



Tabla 6.13 *Materia orgánica en sedimento marino*

Muestra	Prof. (m)	MO (%)
B7-Fsed	315.0	1.92
B7-Gsed	205.0	1.73
B7-Hsed	60.0	1.00
B7-Ised	93.0	1.36
B7-Jsed	130.0	1.77
Dupli sed	130.0	1.69

### *Propiedades químicas*

Las propiedades químicas evaluadas en el Área Contractual 7 para este estudio son las siguientes:

- Redox
- Carbono orgánico total

En el Apéndice 6.14 se presentan los resultados analíticos de las propiedades químicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 7.

### *Redox*

En el Área Contractual 7 se registraron valores de potencial redox en un rango de 411.60 a 432.73 mV, lo cual significa que el ambiente favorece las reacciones de oxidación. Este ambiente es propicio para microorganismos aerobios estrictos, los cuales son metabólicamente activos a potenciales redox positivos, y para microorganismos anaerobios facultativos.

### *Carbono orgánico total*

Se detectó que el carbono orgánico total (COT) se incrementó conforme aumentó la profundidad en la columna de agua, sin embargo Suess ha reportado (1980) que el flujo de COT disminuye con la profundidad y otros reportes no tienen información contundente. En el Área Contractual 7 se reportaron valores de 0.514% de COT en la muestra más somera (60 m) hasta 1.208% en la muestra más profunda (315 m).



## 6.3. Medio Biótico

Los componentes del medio biótico caracterizados fueron plancton (fitoplancton y zooplancton), macrobentos, fauna íctica, avifauna, mamíferos y tortugas marinas.

### 6.3.1 *Fitoplancton*

El fitoplancton constituye el primer eslabón de la trama trófica marina. El grupo dominante de microalgas lo constituyen las diatomeas, seguido de los dinoflagelados, cianofitas, fitoflagelados, cocolitofóridos y silicoflagelados. De acuerdo con Raymont (1980), esta es una jerarquía de grupos de fitoplancton típica de aguas marinas que no refleja alguna alteración en su composición.

A partir de la información recabada de trabajos especializados, bases de datos e informes técnicos, se elaboró un listado de organismos del fitoplancton reportados en el suroeste del Golfo, incluyendo su hábitat, la cual se adjunta en el Apéndice 6.15.

Las diatomeas son los organismos clave en el proceso de fotosíntesis y producción de oxígeno; de acuerdo con Pickett-Heaps y Pickett-Heaps (2011) estas microalgas producen cerca del 40% del oxígeno en el planeta.

En 1998 durante la campaña oceanográfica SMG-4, Vázquez y colaboradores realizaron un estudio en la sonda de Campeche, y reportaron con niveles elevados de abundancia (>50,000 cel/L) a las diatomeas *Thalassionema nitzschoides*, *Chaetoceros lorenzianus* y *Chaetoceros compressus*; las cianofitas *Anacystis dimidiata*, *Oscillatoria erythraea*, Chroococcales y *Synechococcus sp.*; y un dinoflagelado perteneciente al género *Paulsenella*.

En 1999 se realizó la campaña oceanográfica XCAMBO-1 en la que se analizó la variación espacio-temporal del fitoplancton (Cinvestav, 2000). En este estudio se identificaron algunas especies de dinoflagelados potencialmente tóxicas como *Gymnodinium breve*, *Gymnodinium splendens*, *Prorocentrum norissianum*, *Scirpsiella spinifera*, sin detectarse poblaciones cuyas abundancias mostraran la existencia de alguna proliferación masiva. Asimismo, el análisis de la comunidad fitoplanctónica determinó que la concentración promedio del microfitoplancton (organismos mayores a 20  $\mu\text{m}$ ) fue de 0.036 cel/L. De este grupo, las diatomeas dominaron con respecto al resto, registrando abundancias relativas mayores al 80%.





Las mayores abundancias relativas se detectaron frente a la zona de influencia del río Coatzacoalcos, así como frente a la laguna de Términos (0.8-1 cel/L). Las menores concentraciones correspondieron a la zona norte de Campeche (0.2 cel/L). Por otra parte, el grupo de las cianofitas presentó concentraciones inferiores a 0.002 cel/L y su distribución se restringió a la porción norte del río Coatzacoalcos (Cinvestav, 2000).

Entre las investigaciones más recientes sobre el fitoplancton en el sur del Golfo, se tiene la que realizaron Licea y colaboradores en el año 2011, cuyo objetivo principal fue regionalizar la porción sur del Golfo en base a la distribución y composición específica de las diatomeas; para ello, analizaron los datos provenientes de 14 cruceros oceanográficos efectuados entre junio de 1979 y diciembre de 2002, y reportaron como especies más frecuentes (> 40%) a *Asterionellopsis glacialis*, *Bacteriastrium delicatulum*, *B. hyalinum*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. coarctatus*, *Ch. compressus*, *Ch. curvisetus*, *Ch. danicus*, *Ch. decipiens*, *Ch. diversus*, *Ch. lorenzianus*, *Ch. pelagicus*, *Ch. peruvianus*, *Coscinodiscus radiatus*, *Cylindrotheca closterium*, *Guinardia flaccida*, *Hemiaulus hauckii*, *H. membranaceus*, *H. sinensis*, *Leptocylindrus danicus*, *Neocalyptrella robusta*, *Nitzschia bicapitata*, *Pleurosigma diverse-striatum*, *Proboscia alata*, *Pseudo-nitzschia pungens*, *Pseudosolenia calcar-avis*, *Rhizosolenia imbricata*, *R. setigera*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema bacillare*, *T. frauenfeldii*, *Th. nitzschioides* y *Thalassiosira eccentrica*.

En la zona de influencia del Área Contractual 7, que en el estudio de Licea y colaboradores (2011) comprende la porción sureste del estado de Veracruz y que incluye al río Coatzacoalcos, las especies más representativas fueron *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*, *Cylindrotheca closterium*, *Rhizosolenia setigera* y *Skeletonema costatum*. Cabe señalar que las referidas microalgas tienen preferencia por aguas salobres. Asimismo, en esta región se registraron 33 especies de microalgas que no fueron reportadas en otras zonas del sur del Golfo, las cuales incluyeron a los géneros taxonómicos *Amphora*, *Asteromphalus*, *Biddulphia*, *Caloneis*, *Cerataulus*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Diploneis* y *Nitzschia*.

Otro estudio relevante en la misma zona es el de Hernández-Becerril y colaboradores (2008), y cuyo objetivo fue el estudio de la fracción nanoplanctónica, reportándose como microalgas más abundantes a dos especies de coccolitofóridos: *Emiliania huxleyi* (141,708 cel/L) y *Gephyrocapsa oceanica* (104,920 cel/L); a las diatomeas pennadas *Nitzschia bicapitata* (9,037 cel/L) y *N. bifurcata* (30,734 cel/L); y diatomeas céntricas del género *Thalassiosira* (22,203 cel/L).



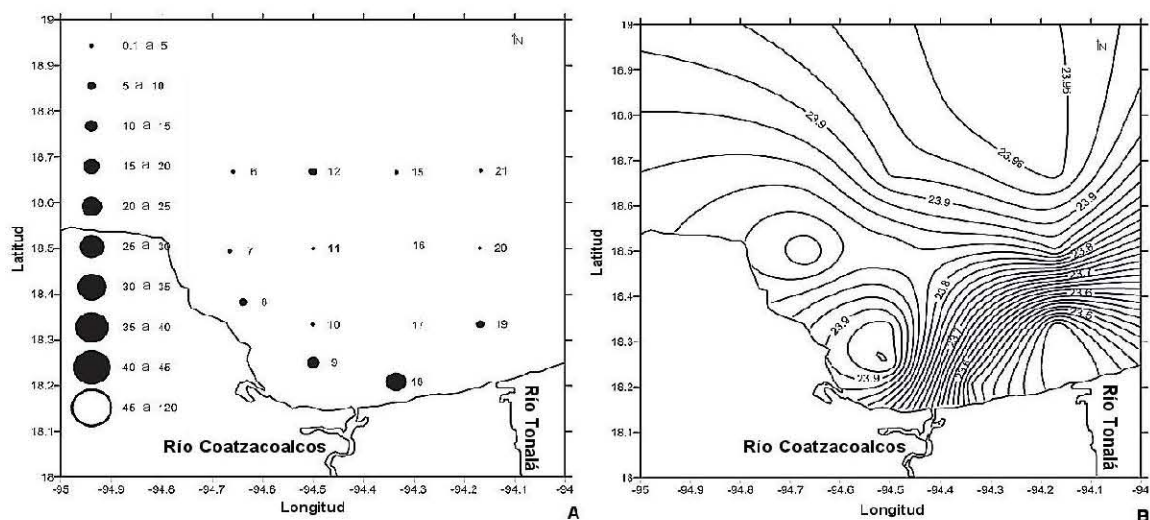
Cabe mencionar que no se tienen registros de eventos de “marea roja” o Floraciones Algales Nocivas para la zona cercana al Área Contractual 7 entre los años 2003 y 2014 (COFEPRIS, 2014).

Las muestras de fitoplancton colectadas durante el crucero bio-oceanográfico están siendo analizadas en los laboratorios del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Debido a que este tipo de análisis requiere de un tiempo mínimo para garantizar la correcta determinación taxonómica de organismos, los resultados serán incorporados a este reporte tan pronto sean emitidos y recibidos, estimándose que eso será en las siguientes semanas

### 6.3.2

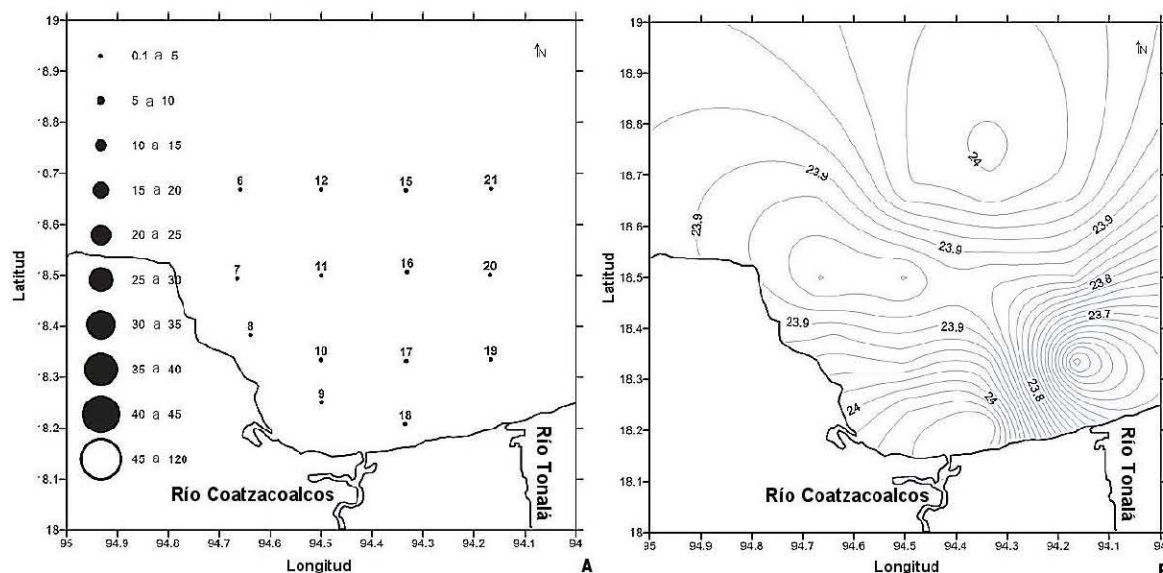
#### Zooplankton

El zooplankton representa el grupo de organismos que sirve como eslabón en el flujo de energía entre productores primarios y niveles tróficos superiores. Vera-Mendoza y Salas de León (2014) analizaron la comunidad zooplanctónica en la zona de influencia del Área Contractual 7 durante el mes de abril del 2000. En las figuras siguientes se muestran los resultados de la distribución horizontal de la biomasa y densidad de zooplankton, a diferentes intervalos de profundidad (ver Figura 6.26, Figura 6.27 y Figura 6.28).



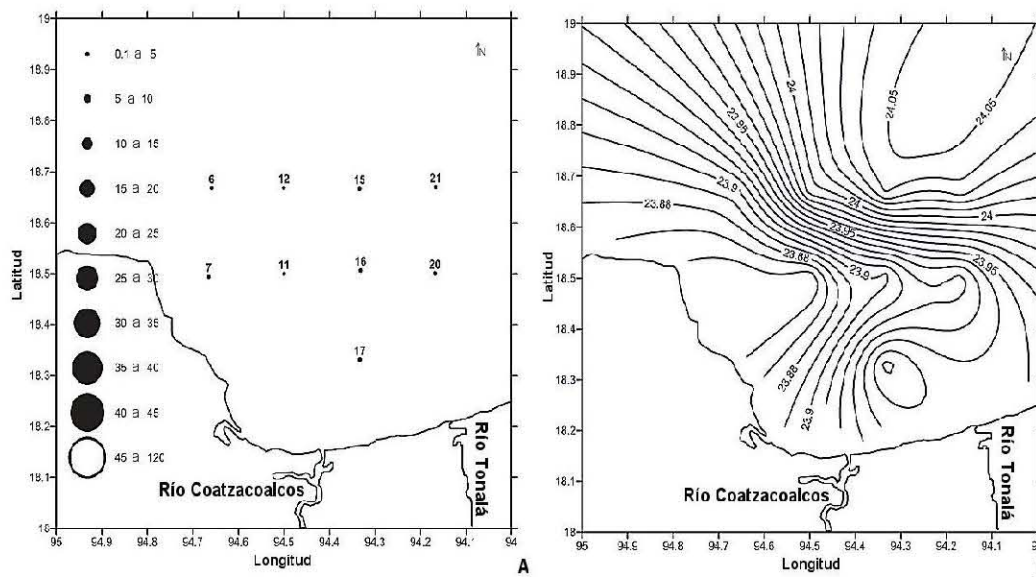
Fuente: Vera-Mendoza y Salas-de-León, 2014

Figura 6.26 Distribución horizontal del zooplankton en el intervalo 0-10 m de profundidad: A) Biomasa ( $\text{mg m}^{-3}$ ); B) Densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ ).



Fuente: Vera-Mendoza y Salas-de-León, 2014

Figura 6.27 Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 10–20 m de profundidad: A) Biomasa ( $\text{mg m}^{-3}$ ); B) Densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ )



Fuente: Vera-Mendoza y Salas-de-León, 2014

Figura 6.28 Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 20–30 m de profundidad: A) Biomasa ( $\text{mg m}^{-3}$ ); B) Densidad ( $\text{kg m}^{-3}$ )

Para esta misma zona, Arriola-Pizano (2012) reportó una composición y abundancia de zooplancton en abril de 2000 durante la última temporada de





Nortes, la cual se presenta en la Tabla 6.14 y estuvo caracterizada por lo dominancia del grupo Copepoda, seguido de Foraminifera, Chaetognatha y Ostracoda.

**Tabla 6.14** Composición y abundancia del zooplancton (organismos/100 m<sup>3</sup>) en abril de 2000 en la zona de influencia del Área Contractual 7

Taxa	Abundancia (organismos/100 m <sup>3</sup> ) Valores máximos
Copepoda	12,833
Amphipoda	94
Ostracoda	1,630
Euphausiacea	343
Salpidae	60
Medusozoa	81
Siphonophora	521
Polychaeta	121
Chaetognatha	1,898
Pteropoda	90
Heteropoda	311
Radiolaria	921
Foraminifera	4,472
Ictioplancton	230

*Fuente: Arriola-Pizano (2012)*

A partir de la información recabada de trabajos especializados, bases de datos e informes técnicos, se elaboró un listado taxonómico de organismos del zooplancton reportados para el suroeste del Golfo de México, incluyendo datos relativos a su hábitat, biología y distribución batimétrica, el mismo que se adjunta en el Apéndice 6.16.

Así como en el caso del fitoplancton, las muestras de zooplancton colectadas durante el crucero bio-oceanográfico están siendo analizadas en los laboratorios del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Debido a que este tipo de análisis requiere de un tiempo mínimo para garantizar la correcta determinación taxonómica de organismos, los resultados serán incorporados a este reporte tan pronto sean emitidos y recibidos, estimándose que eso será en las siguientes semanas.





### 6.3.3

#### *Macrobentos*

Los organismos asociados a los fondos marinos se definen como bentos. El bentos en el ecosistema marino es de gran importancia por su papel en los procesos primarios, los ciclos biogeoquímicos donde se encuentra estrechamente vinculado al reciclamiento de materiales en la interface agua-sedimento.

Denominados también invertebrados bénticos, de acuerdo a la zona en que se distribuyen, pueden ser relevantes en la economía de las comunidades pesqueras de la costa del Golfo de México, el principal uso que le dan es el consumo directo y también algunas industrias (Escobar, 2005).

El bentos en el ecosistema marino es de gran importancia por su papel en los procesos primarios, como son los ciclos biogeoquímicos encontrándose estrechamente vinculados al reciclamiento de materiales en la interface agua - sedimento. Los componentes bénticos ocurren a lo largo de todo el gradiente batimétrico, desde la zona litoral hasta la zona abisal.

La distribución de los organismos bentónicos se da a lo largo de todo el gradiente batimétrico, desde la zona litoral hasta las zonas abisales. La asociación del bentos, temporal o permanente con el sustrato, se presenta a través de las actividades de bioturbación, horadación, oxigenación y cementación del sedimento. Las interacciones con otras especies le permiten la subsistencia a lo largo del ciclo de vida (Escobar, 2005). Asimismo, se menciona que los recursos bentónicos se han estudiado ampliamente en la zona costera del Golfo de México, siendo los hábitats mejor documentados; las marismas, playas, costa rocosa, raíces de manglares, pantano y pastos marinos en las lagunas costeras y estuarios, y en menor grado, las playas y las costas rocosas (Escobar, 2005). Asimismo, la información es abundante para el bentos de fondos lodosos, arrecifes de ostiones y de coral asociados a la plataforma continental, donde se ha explotado también el número más elevado de recursos.

Las comunidades bénticas del talud continental, asociadas a los fondos con actividad quimiosintética, como son las infiltraciones de metano, de salmueras, carbonatos y clatratos, se han estudiado recientemente junto con las comunidades bénticas de cañones, escarpes y montes en la planicie abisal.

De los resultados existentes de estudios del bentos en el Golfo de México se puede reconocer que existe una diversidad grande de ecosistemas y hábitats. Esta diversidad en escalas de ecosistemas, y paisajes permite extrapolar que en el Golfo de México existe una diversidad potencial elevada equivalente a la reconocida en hotspots terrestres de ambientes tropicales y subtropicales.



La estructura comunitaria del bentos en el Golfo de México incluye una gran diversidad de especies. Con base en la revisión de literatura especializada, informes técnicos y bases de datos, se realizó un listado taxonómico (Apéndice 6.17) que incluye a los taxa registrados con mayor frecuencia y abundancia (Polychaeta, Peracarida, Decapoda, Echinodermata, Mollusca, Nematoda e Hidrozoa) en la porción Suroeste del golfo de México (Ortíz, 2000; Escobar-Briones, 2004; Ruíz, 2008).

La riqueza de especies en ambientes someros está ampliamente estudiada; sin embargo, no se encuentra caracterizada en su totalidad (Escobar-Briones, 2004). En lo que respecta al número de especies de moluscos es aparentemente más elevado que el reconocido para las lagunas costeras del Golfo de México, ya que para la zona Suroeste del Golfo (Sur de Veracruz al Noreste de la península de Yucatán) se han reconocido 110 especies de gasterópodos bénticos en el intervalo batimétrico de 28 a 617 m (García Cubas *et al.*, 1999; Escobar-Briones, 2004). El número de especies de poliquetos Lumbrinéridos en fondos blandos en el intervalo de profundidad de 15 a 200 m (Sur de Veracruz a Campeche) es de 17 especies (Solís-Weiss *et al.*, 1995). El número de anélidos poliquetos asociado a fondos blandos cercanos a las plataformas petroleras en el sector externo de la Sonda de Campeche es de 176 especies pertenecientes a las siguientes familias: Phyllodocidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae, Pilargidae Spionidae, Orbiniidae y Cossuridae (Tabla 10; Granados-Barba y Solís Weiss 1997a; Granados-Barba y Solís Weiss 1997b; Granados-Barba y Solís Weiss, 1998). En el caso de los equinodermos se ha reconocido la presencia de 48 especies de asteroideos y equinoideos en un área que abarca el Sur de Veracruz y Yucatán (Caso, 1971; Solís Marín *et al.*, 1993; Barbosa-Ledesma *et al.*, 2000).

En la zona adyacente al Área Contractual 7 se ha registrado un número elevado de especies de poliquetos, los cuales son considerados bioindicadores de contaminación (Bryan y Hummerstone, 1978; Botello, 1996), debido a las altas concentraciones de Cr y Cu que se encuentran en el sedimento (Ortíz, 2000).

Conforme se incrementa la profundidad, los diversos parámetros abióticos y bióticos se vuelven limitantes y ejercen acciones diversas sobre los organismos bentónicos. Tal es así, que la iluminación cumple un rol importante en el medio marino porque la luz es requerida por las algas para el proceso de fotosíntesis y la visión de los diferentes organismos, asimismo esta influye sobre el comportamiento de los mismos. Muchas especies se guían por el fototactismo o el fototropismo para poder fijarse en el fondo (etapa larval) y establecerse en ella.

La temperatura es otro factor influyente en el ciclo de vida de los organismos bentónicos. Cuando esta se incrementa, acelera el crecimiento, la madurez sexual





es más precoz y la longevidad es menor. Sin embargo, existe una temperatura óptima para cada función, por debajo o por encima de la cual se producen retardos o aceleraciones que pueden causar anomalías en diversos organismos. A mayores profundidades, la temperatura es menor debido a que la penetración de la luz es escasa y en las diferentes estaciones de muestreo osciló entre los 14.7 °C y 16.8 °C.

Así como en el caso del fitoplancton y zooplancton, las muestras de macrobentos colectadas durante el crucero bio-oceanográfico están siendo analizadas en los laboratorios del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Debido a que este tipo de análisis requiere de un tiempo mínimo para garantizar la correcta determinación taxonómica de organismos, los resultados serán incorporados a este reporte tan pronto sean emitidos y recibidos, estimándose que eso será en las siguientes semanas

#### 6.3.4 *Fauna íctica*

Los peces, por su valor ecológico y económico, constituyen un elemento importante dentro de las investigaciones. Dentro de los ecosistemas marinos son transformadores de energía, incluso desde fuentes primarias (porque se alimentan de materia orgánica, vegetales, zooplancton, invertebrados y otros peces) (Torruco *et al.*, 1994) y son reguladores energéticos por la habilidad de desplazarse entre los ecosistemas (Yañez *et al.*, 1988). Para el ser humano proveen los siguientes beneficios: fuente de proteína, actividad deportiva y apoyo al turismo. Su estudio ofrece novedosas perspectivas de manipulación tecnológica para la acuicultura. En las aguas de México se han registrado alrededor de 2,692 especies de peces, entre dulceacuícolas, estuarinas y marinas (Lara *et al.*, 1993), y en la región del Golfo 1,057 especies (Espinosa *et al.*, 1999).

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria se registraron 3 especies de peces: “dragón” *Caulolatlus microps*, “iguana” *Synodus* sp. y “rotula” *Brotula barbata*, pertenecientes a las familias taxonómicas Brotulidae, Malacanthidae y Synodontidae.

##### 6.3.4.1 *Pesca Exploratoria en la Locación L7-I*

La primera locación que se caracterizó fue la estación L7-I, la cual registró una profundidad de 93 m y según información preliminar el fonso estaría compuesto por un sustrato de tipo limoso, arcilloso y con presencia de arena muy fina. Durante la faena de pesca se registraron condiciones ambientales adecuadas para



la navegación, con presencia de mar rizado, vientos de ligera intensidad (Escala Beaufort: 2) y cielo despejado (0/8 octas).

Se arribó a la estación L7-I a las 10:05 horas, y se calaron las redes agalleras a las 10:11 horas, el tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas, al término del cual se recogieron las redes, finalizando la maniobra a la 12:05 horas. Se estimó una deriva de los aparejos de aproximadamente 760 m con dirección Oeste (ver Tabla 6.15).

En paralelo se desplegó el espinel de profundidad, que incluyó el uso de una línea de monofilamento (nylon n° 40) y 600 anzuelos (n° 6), operación que se realizó al Este de las redes agalleras.

Tabla 6.15 Datos generales de la pesca exploratoria en la locación L7-I del Área Contractual 7.

Cala	Este	Norte	Hora
Inicio cala	426255	2068174	10:11 a.m.
Fin cala	425490	2068063	12:05 p.m.
Cordel y anzuelo	426598	2068427	10:50 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

El “tren” de redes agalleras no reportó especies pesqueras al término del período de cala, a pesar de estimar una “relativa” cercanía con la Sonda de Campeche (Zona sur del Golfo de México de gran importancia biológica por su alto potencial biótico y de recursos naturales), esta porción suroccidental abarca desde el oeste de la Península de Yucatán hasta el norte y noreste de los estados de Campeche y Tabasco.

En las proximidades de la estación tampoco se advirtieron embarcaciones artesanales, mamíferos marinos u otros predadores que indicarían la existencia de recursos pesqueros.

Por otro lado, la pesca con el espinel superficial obtuvo resultados positivos, se registraron 2 especies de peces: la “rótula” (*Brotula barbata*) y la “iguana” (*Synodus* sp.).

La primera especie pertenece al orden Ophidiformes, se distribuye en fondos blandos hasta unos 650 m de profundidad, los primeros estadios del desarrollo son pelágicos, puede alcanzar unos 75 cm y 4 kg. También se le conoce como “lengua” y “brótula”. Según la Carta Nacional Pesquera se encuentra reportada para la Zona I, II y III. Esta especie se encuentra asociada a los cardúmenes de





“huachinangos” y “pargos”, en la Sonda de Campeche se han reportado 3 géneros del orden Ophidiformes.

El individuo encontrado tuvo una longitud total de 55 cm y un peso de 1000 gr. Según el análisis gonádico, se trataría de un macho adulto, con una fase gonadal III, siendo los aspectos generales: los testículos ocupan las 2/3 partes de la longitud abdominal y con una coloración blancuzca-crema.

En el caso de la “iguana”, es considerada por los pescadores artesanales como una especie poco comercial, destinada preferentemente como carnada para otras pesquerías; conocida también como “chile”, según la Carta Nacional Pesquera también se reportó su presencia en todas las zonas del Golfo de México (Zona I, II y III), comúnmente asociada a cardúmenes de bagres.

Esta especie demersal habita en fondos bentónicos y talud continental, prefiere los sustratos suaves (limos, arenas y arcillas). La “iguana” capturada obtuvo una longitud total de 38 cm y un peso de 403 gr, con un género indeterminado (ver Tabla 6.16).

Tabla 6.16 Especies registradas en la locación L7-I del Área Contractual 7.

Nombre Común	Nombre Científico
Rotula	<i>Brotula barbata</i>
Iguana	<i>Synodus</i> sp.

Fuente: ERM, 2016

#### 6.3.4.2 Pesca Exploratoria en la Locación L7-G

La segunda locación que se caracterizó fue la estación L7-G, la cual registró una profundidad de 208 m y según información preliminar el fondo marino estaría conformado por un sustrato de tipo limoso, arcilloso y con presencia de arena muy fina.

Según el “Boletín Meteorológico” del martes 2 de febrero, las condiciones del Golfo de México para el puerto de Dos Bocas fueron las siguientes: cielo despejado, vientos del sureste (15 - 20 kph) y olas de 2 a 3 pies.

Durante la faena de pesca se registraron condiciones ambientales adecuadas para la navegación, con presencia de mar poco movido, vientos de moderada intensidad (Escala Beaufort: 2) y cielo despejado (0/8 octas).

Se arribó a la estación L7-G a las 13:15 horas, y se calaron las redes agalleras a las 13:20 horas; el tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas, al término del cual se



recogieron las redes, finalizando la maniobra a la 15:40 horas. Se estimó una deriva de los aparejos de aproximadamente 1815 m con dirección Noroeste.

De manera similar a la estación anterior, se desplegó un espinel de profundidad, que incluyó el uso de una línea de monofilamento (nylon nº 40) y 600 anzuelos (nº 6), operación que se realizó al oeste de las redes agalleras (ver Tabla 6.17).

**Tabla 6.17** Datos generales de la pesca exploratoria en la estación L7-G del Área Contractual 7

Cala	Este	Norte	Hora
Inicio cala	447188	2091122	01:20 p.m.
Fin cala	445776	2092288	03:40 p.m.
Cordel y anzuelo	445115	2091312	01:55 p.m.

Fuente: ERM, 2016

Los resultados con el “tren” de redes fueron negativos, no se capturaron especies pesqueras con ninguna de las tres redes agalleras, pero con el espinel de profundidad se registró un individuo adulto de “dragón” *Caulolatilus microps* (ver Tabla 6.18).

Esta especie demersal también conocida como “blanquillo” tuvo una longitud total de 64 cm y un peso de 2800 gr, perteneciente a la familia Malacanthidae, se encuentra asociado a cardúmenes de huachinangos, pargos y meros. En el Golfo de México también se reportó su presencia en la Zona I y II.

El “dragón” habita en sustratos blandos (lodos, arenas y arcillas); se ha capturado hasta una longitud máxima de 90 cm, y su talla promedio de pesca es de 55 cm. Se registró su presencia entre los 30 y 130 m de profundidad.

**Tabla 6.18** Especies registradas en la locación L7-G del Área Contractual 7.

Nombre Común	Nombre Científico
Dragón	<i>Caulolatilus microps</i>

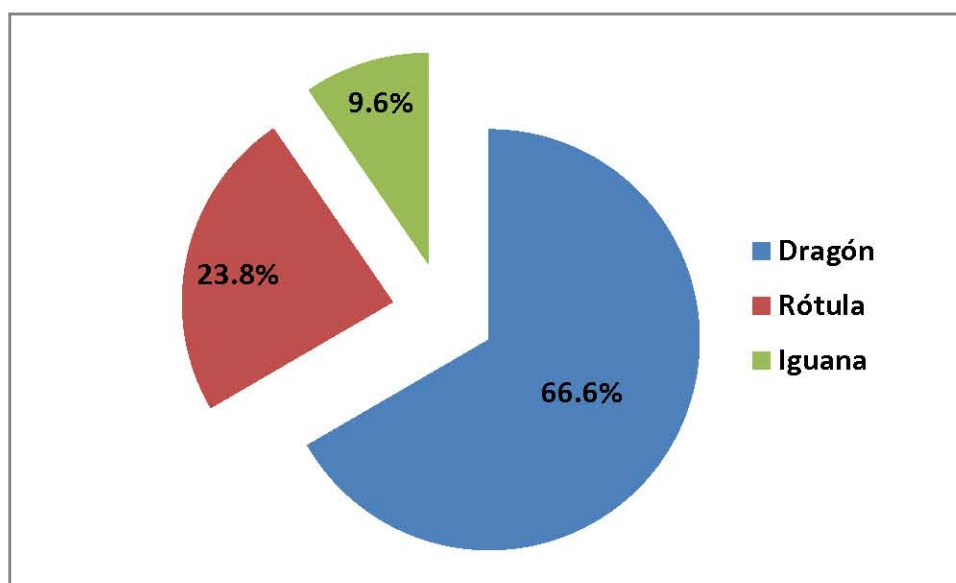
Fuente: ERM, 2016

El estado sexual y reproductivo del “dragón” evidenció un ejemplar hembra con las gónadas hidratadas (E.G.: III), los ovarios ocuparon los 2/3 de la cavidad abdominal, y se observó un color rosado-amarillento. Con un aspecto granular de las gónadas y ovocitos visibles a simple vista, se observan vasos sanguíneos superficiales.



La fauna íctica con los detalles de las tallas y pesos promedio de las especies del Área Contractual 7 se presenta en el Apéndice 6.18.

Para el Área Contractual 7 se totalizó 4,203 gr de recursos hidrobiológicos, siendo el más representativo el “dragón” con el 66.6%, la “rotula” obtuvo 23.8% y la “iguana” el 9.6% de las capturas efectuadas con espinel de profundidad (ver Gráfica 6.26).



Gráfica 6.26 Composición porcentual de las capturas en el Área Contractual 7

Los parámetros de medición estimados para el Área Contractual 7 se presentan en la Tabla 6.19.

Tabla 6.19 Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 7.

Parámetro	Unidad	Dragón	Rotula	Iguana
Abundancia Relativa	Nº individuos/hora	1	1	1
Biomasa de Capturas (CPUE)	gr/hora	2800	1000	403
Talla de Capturas	Longitud prom/individuo	64	55	38
Peso de Capturas	Peso promedio/individuo	2800	1000	403



*Fuente: ERM, 2016*

No se reportaron capturas de especies amenazadas, en peligro de extinción, endémicas o con algún nivel de protección/conservación ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Los valores de abundancia y diversidad relativa fueron “conservadores”, estimándose una abundancia de 1 individuo/hora para ambas locaciones, y una diversidad de 1 especie/hora.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se consideró representativa para el “dragón”, la “rótula” y la “iguana”, obteniéndose valores de 2800 gr/h, 1000 gr/h y 403 gr/h respectivamente.

El “dragón” tuvo una longitud promedio de 64 cm, la “rótula” 55 cm y la “iguana” 38 cm.

El “dragón” tuvo un peso promedio de 2,800 gr, la “rótula” 1,000 gr, y la “iguana” 403 gr.

Las 3 especies reportadas no presentan tallas mínimas de captura vigentes, sugiriéndose estudios de esfuerzo pesquero y artes de pesca selectivos para determinar las mejores estrategias de manejo de recursos pesqueros como el “dragón”.

Según la escala de madurez gonadal de ambos géneros (Holden y Raitt, 1975), para el “dragón” evidenció un ejemplar hembra con las gónadas hidratadas (E.G.: III), los ovarios ocuparon los 2/3 de la cavidad abdominal, y se observó un color rosado-amarillento. Con un aspecto granular de las gónadas y ovocitos visibles a simple vista, se observan vasos sanguíneos superficiales. La “rótula” registrada sería un macho adulto, con una fase gonadal III, siendo los aspectos generales: los testículos ocupan las 2/3 partes de la longitud abdominal, con una coloración blancuzca-crema.

Los resultados obtenidos para el Área Contractual 7 evidencian zonas de baja diversidad para especies de escama artesanal, aunque pesquerías como el “dragón” indicarían la existencia de una red trófica más diversa, toda vez que este recurso pesquero se encuentra asociada a otras especies como “huachinangos”, “pargos” o “meros” (Ver Apéndice 6.19).





### 6.3.5 Aves Marinas

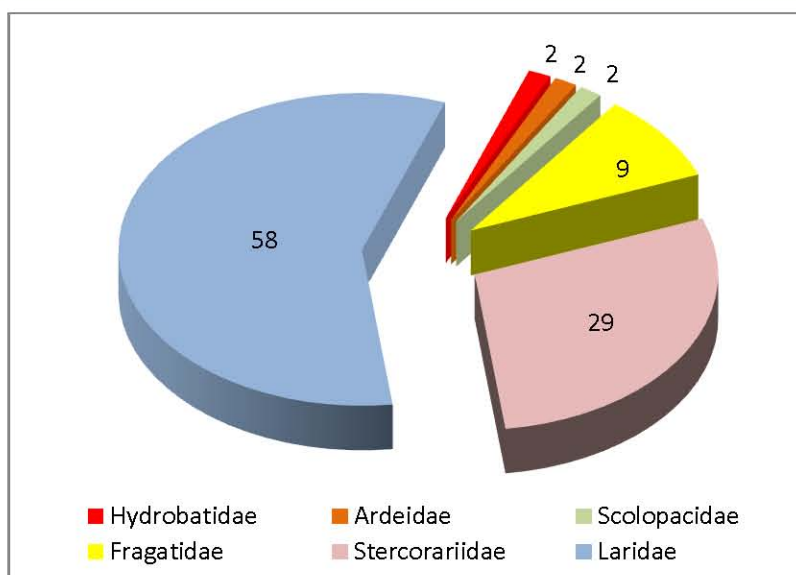
Se determinó en 14 avistamientos efectivos un total de 66 individuos correspondientes a 7 especies, las cuales están agrupadas en 6 familias y 3 órdenes (ver Figura 6.20).

**Tabla 6.20** Aves registradas en en el Área Contractual 7

Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Procellariiformes	Hydrobatidae	<i>Oceanites oceanicus</i>	1.52	1.52
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregatta magnificens</i>	9.09	9.09
Charadriiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	1.52	1.52
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Calidris sp.</i>	1.52	1.52
Charadriiformes	Stercorariidae	<i>Stercorarius pomarinus</i>	28.79	28.79
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus atricilla</i>	42.42	57.58
Charadriiformes	Laridae	<i>Thalasseus maximus</i>	15.15	

Fuente: ERM, 2016

Durante la evaluación, las familias Laridae y Stercoaridae fueron las más numerosas. La especie con mayor número de registros fue la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), seguida del “salteador robusto” (*Stercorarius pomarinus*), tal como se observa en la Gráfica 6.27.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.27 Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 7

Utilizando el esfuerzo de muestreo, considerando el total de millas y de las horas de observación, la estimación de los índices de abundancia relativa (frecuencia de la ocurrencia por especie y la tasa de avistamiento de cada especie), no representaría un incremento sustancial del número de individuos observados por especie en el área evaluada.

#### 6.3.5.1 Ubicación y distribución de las especies registradas

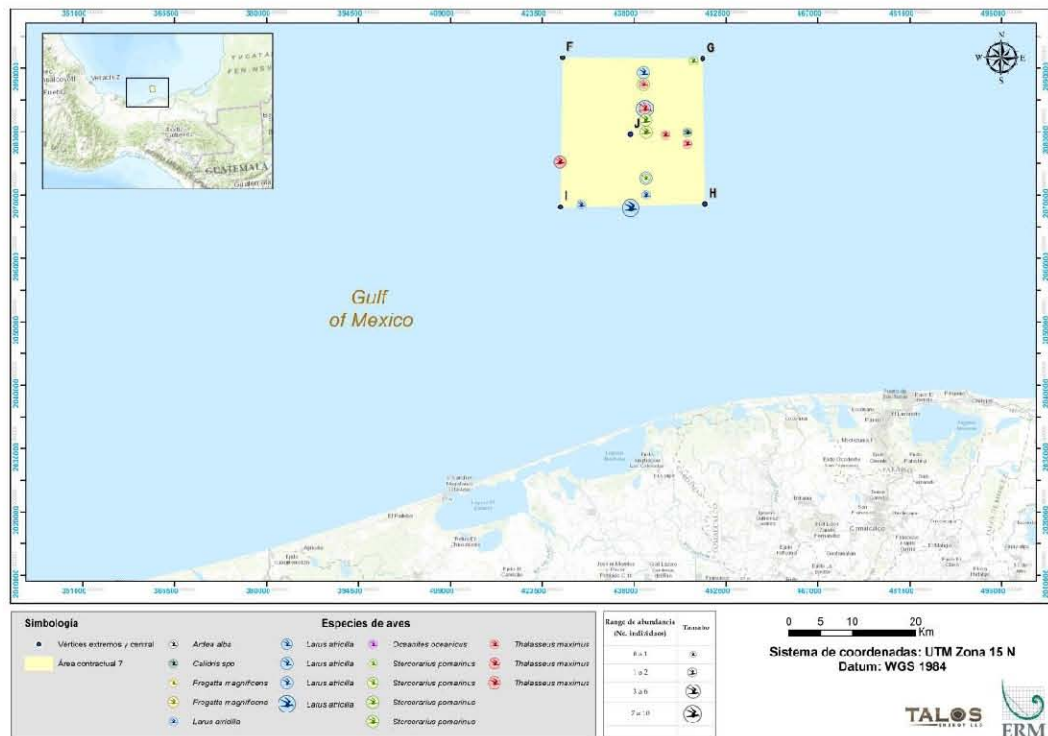
Las siete especies reportadas ocurren en el Golfo de México y se encuentran distribuidas en distintos tipos de hábitat. Destaca la observación de *Ardea alba*, especie asociada a los humedales y zonas costeras. Asimismo, *Fregatta magnificens*, *Oceanites oceanicus* y *Stercorarius pomarinus* son especies pelágicas, vale decir se les encuentra alejadas de la costa preferentemente. Las especies de la familia Laridae como la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*) y el “charrán” (*Thalasseus maximus*), si bien se pueden encontrar en ambientes pelágicos e incluso islas, pueden ser observadas muy cerca de la costa, en playas y bahías alrededor del Golfo de México (ver Tabla 6.21).



Tabla 6.21 Aves registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México

Taxa	Especie	Autor	Año	Hábitat
Procellariiformes	<i>Oceanites oceanicus</i>	Kuhl	1820	Pelágico
Suliformes	<i>Fregatta magnificens</i>	Mathews	1914	Pelágico
Charadriiformes	<i>Ardea alba</i>	Linnaeus	1758	Bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
Charadriiformes	<i>Calidris sp.</i>	Pallas	1764	Bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
Charadriiformes	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Temminck	1815	Pelágico
Charadriiformes	<i>Larus atricila</i>	Linnaeus	1758	Bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
Charadriiformes	<i>Thalasseus maximus</i>	Boddaert	1783	Playa y costa; bahía y cercano a la costa; islas

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.29 Distribución de aves registradas

### 6.3.5.2 Diversidad de especies registradas

Del análisis de diversidad de los registros de aves obtenidos se obtuvieron los siguientes valores: Shannon y Wiener ( $H' = 1.022$  bits/individuos) y Equidad de Pielou ( $J = 0.364$ ), este último corrobora la mayor abundancia de una especie en la zona, la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*). Por otro lado, el índice de Margalef ( $DMG = 1.432$ ) indicaría que la riqueza de especies fue baja en esta área.

### 6.3.5.3 Categoría de conservación

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las especies reportadas ha sido incluida en alguna categoría de conservación.

En las listas Internacionales, la UICN incluye a todas las especies de aves registradas en el área de evaluación en la categoría de Preocupación Menor (LC), vale decir que no existe ningún peligro sobre las poblaciones de estas especies. Para el caso de los Apéndices de CITES (2015), ninguna de las especies están incluidas, y de manera similar con los Apéndices de la CMS (2015).





Es importante señalar que las especies registradas en el área de evaluación no son endémicas del Golfo de México.

A continuación, en la Tabla 6.22 se detalla el estado de conservación nacional e internacional para cada una de las especies registradas en el Área Contractual 7:

Tabla 6.22 Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 7

Familia	Especie	UICN	Endemismo
Procellariiformes	<i>Oceanites oceanicus</i>	LC	No
Suliformes	<i>Fregatta magnificens</i>	LC	No
Charadriiformes	<i>Ardea alba</i>	LC	No
Charadriiformes	<i>Calidris sp.</i>	LC	No
Charadriiformes	<i>Stercorarius pomarinus</i>	LC	No
Charadriiformes	<i>Larus atricilla</i>	LC	No
Charadriiformes	<i>Thalasseus maximus</i>	LC	No

LC: Preocupación Menor

Fuente: ERM, 2016

### 6.3.6 Mamíferos marinos

Los mamíferos marinos son una parte integral de la fauna marina y costera de las aguas tropicales y subtropicales del Mar Caribe y el Golfo de México. Para muchas especies estas aguas son su hábitat principal para una gran variedad de actividades importantes, como la alimentación, el apareamiento y el parto.

Würsing *et al.*, (2000) menciona que, en la Zona Económica Exclusiva de México, vale decir sus 200 millas marítimas desde el borde costero del país, se registró un total de 47 especies de mamíferos marinos pertenecientes a 3 órdenes, 11 familias y 31 géneros. Mientras que en el Golfo de México se ha registrado la presencia de 29 especies de mamíferos marinos: 28 especies de cetáceos (ballenas y delfines) y una especie de sirénido (manatí) (en INE-SEMARNAT, 2004).

En el Golfo de México, la profundidad es la variable ambiental con mayor influencia sobre la distribución de los cetáceos; se han observado diferencias significativas en la profundidad de las regiones en las que habitan las diferentes especies (Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2001; Davis *et al.*, 2002; Ortega-Ortiz, 2002), por lo que la mayoría de las especies habitan aguas oceánicas con



profundidades mayores de 200 m. Incluso las toninas pueden acercarse a lagunas costeras y estuarios.

Solo toninas y delfines moteados del Atlántico se encuentran comúnmente cerca de la costa, sobre la plataforma continental, variando su presencia estacional dependiendo de la época del año y de la disponibilidad del alimento en función de la productividad de los ecosistemas. Algunas especies oceánicas, como el delfín tornillo y el delfín de dientes rugosos, han sido registradas en la plataforma nerítica de Yucatán y en el litoral de Tabasco (en INE-SEMARNAT, 2004).

La “tonina” es el único cetáceo que habita lagunas costeras, desembocadura de ríos, zona litoral, nerítica y oceánica del Golfo de México. Evidencias morfológicas y genéticas sugieren la existencia de dos ecotipos o poblaciones parapátricas de toninas, una costera y otra nerítica-oceánica (Hersh y Duffield 1990, Mead y Potter 1995, Hoelzel *et al.*, 1998, Torres *et al.*, 2003).

#### 6.3.6.1 *Composición y abundancia de las especies registradas*

Se registraron 2 especies de mamíferos marinos: el “delfín pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) y la “tonina” o “delfín nariz de botella” (*Tursiops truncatus*), tal como se observa en la Tabla 6.23. El esfuerzo de observación en el crucero bioceanográfico fue de 16 horas y 41 minutos, registrándose 18 individuos de “delfín manchado pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) y 2 individuos de “tonina” o “delfín pico de botella” (*Tursiops truncatus*).

Es importante destacar que durante las observaciones fuera de sesión se avistaron tiburones llamados localmente cazones y aves como gaviotas reidoras y fragatas tijeretas.

**Tabla 6.23** *Mamíferos marinos registrados en el Área Contractual 7*

Orden	Familia	Especie	Observación
Cetacea	Delphinidae	<i>Stenella attenuata</i>	En sesión
Cetacea	Delphinidae	<i>Tursiops truncatus</i>	En sesión

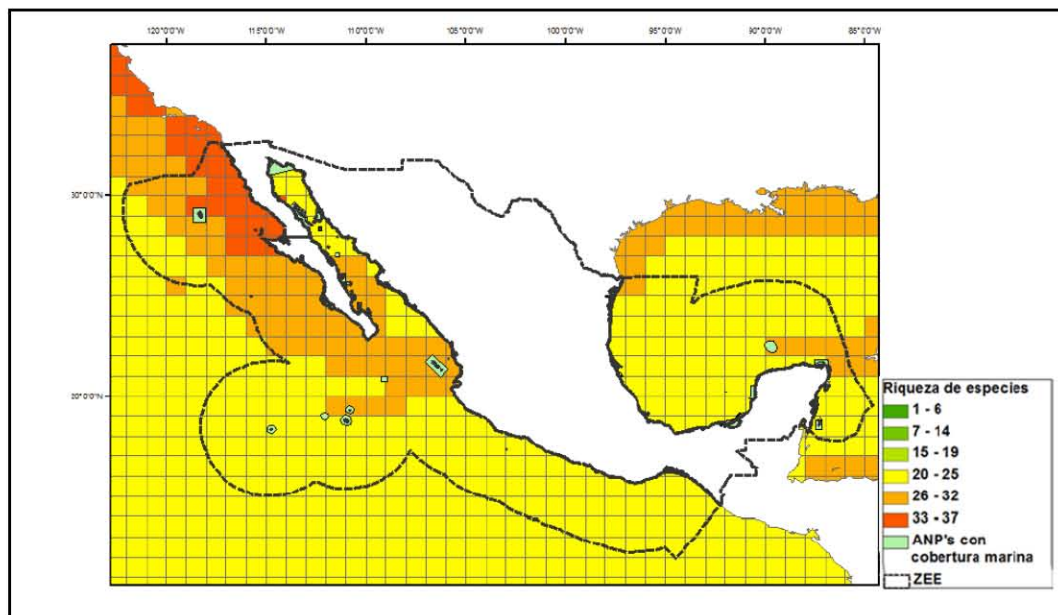
*Fuente: ERM, 2016*



### 6.3.6.2

#### *Ubicación y distribución de las especies registradas*

La zona que presenta la mayor riqueza de especies de mamíferos marinos es el Noreste del Pacífico Mexicano con un valor máximo de 36 especies, seguido por el Golfo de California con 31 especies, el Pacífico Tropical con 28 especies y finalmente el Golfo de México y Caribe mexicano con 27 especies (ver Figura 6.30).



Fuente: Tomado de Würsig et al., 2000

Figura 6.30 Riqueza de mamíferos marinos en la Zona Económica Exclusiva de México

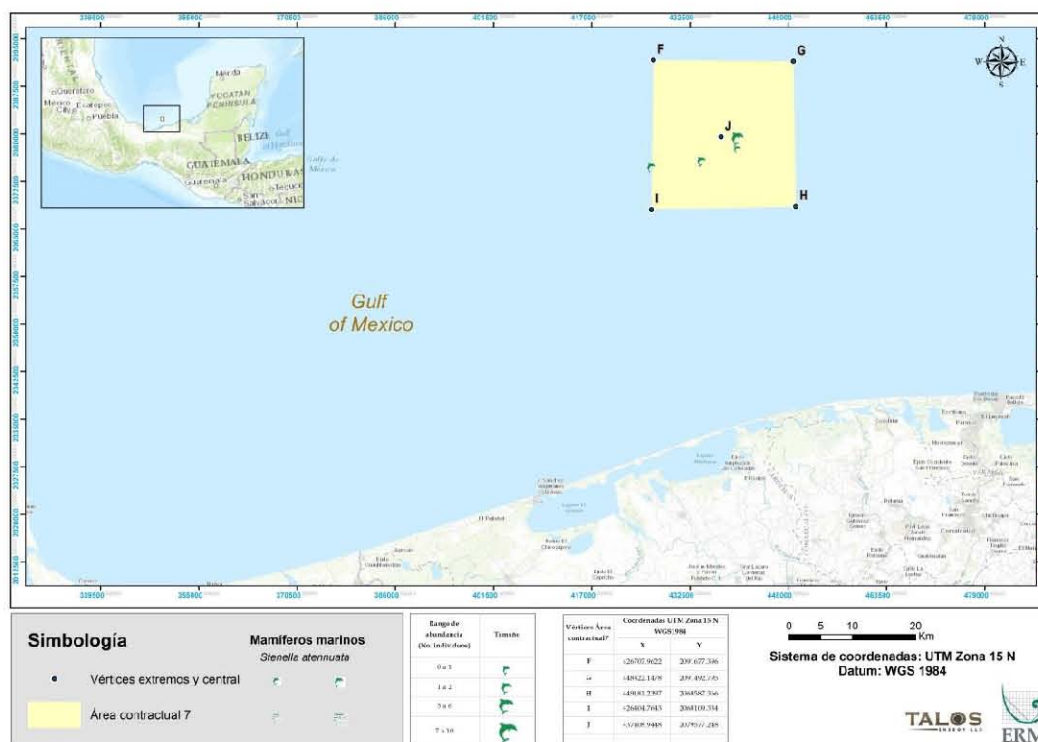
Solo tres especies habitan normalmente la región nerítica sobre la plataforma continental: la "tonina" (*Tursiops truncatus*), el "delfín moteado del Atlántico" (*Stenella frontalis*) y el "delfín de dientes rugosos" (*Steno bredanensis*) (Delgado-Estrella, 1994; Jefferson y Schiro, 1997; Würsig et al., 2000; Ortega-Ortiz, 2002; Fulling et al., 2003).

Los cetáceos se distribuyen en el ambiente marino con respecto a la profundidad y batimetría; por ejemplo, las toninas *Tursiops truncatus* del tipo nerítico se distribuyen mayormente en la zona costera con influencia de desembocaduras de ríos y lagunas; mientras que *T. truncatus* del tipo oceánico y el resto de las especies registradas se distribuyen en aguas profundas.





Cabe señalar que fueron observados peces voladores en el área de evaluación, coincidiendo con la presencia de delfines muy cerca al punto “J” del área de evaluación.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.31 Distribución de mamíferos registrados

En cuanto a los resultados obtenidos durante el crucero bio-oceanográfico se corrobora la presencia del “delfín pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) y la “tonina” (*Tursiops truncatus*) a 46 mn de distancia de la costa.

### 6.3.6.3 Diversidad de especies registradas

México es uno de los países más diversos en especies de mamíferos en general (McNeely *et al.*, 1990; Ceballos y Navarro, 1991; Ceballos y Brown, 1995) y de marinos en particular. Su riqueza de especies marinas es el resultado de la interrelación de varios factores como la posición geográfica, la variedad de ambientes marinos y costeros, la circulación general de las corrientes marinas, las





variaciones espacio-temporales de estas corrientes y la historia geológica del país (De la Lanza, 1991 en Torres *et al.*, 1995).

Los patrones de riqueza de los mamíferos marinos en el Golfo de México muestran que las zonas establecidas como áreas de importancia para estas especies concuerdan con las zonas de surgencia, productividad primaria y pesca.

De los resultados obtenidos se puede concluir que la diversidad de mamíferos marinos en esta zona es baja.

#### 6.3.6.4 *Categoría de conservación*

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, las dos especies de mamíferos marinos registradas se encuentran en la categoría de Sujetas a Protección (Pr).

En la lista de la UICN se incluye a ambas especies en la categoría de Preocupación Menor (LC), vale decir que no existe ningún peligro sobre sus poblaciones. Para el caso de CITES, ninguna especie está incluida en los Apéndices del año 2015, y de manera similar ocurre con los Apéndices de la Convención de Bonn o CMS.

En la Tabla 6.24 se detalla el estado de conservación nacional e internacional para las especies reportadas en el Área Contractual 7.

**Tabla 6.24** *Categoría de conservación de los mamíferos marinos registrados en en el Área Contractual 7*

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Stenella attenuata</i>	Delfín manchado pantropical, Delfín moteado	Pr	LC	No
<i>Tursiops truncatus</i>	Tonina, Delfín pico de botella	Pr	LC	No

Nota: Sujetas a Protección Especial (Pr). Preocupación menor (LC)

*Fuente: ERM, 2016*

En la zona del sur del Golfo de México no se han realizado muchos estudios sobre la abundancia de las especies de cetáceos, Jefferson y Lynn (1994) observaron una baja diversidad y pocos registros de especies de mamíferos marinos en dicha zona.



La especie *Stenella attenuata* fue registrada en el Área Contractual 7 a unas 25 millas de distancia de la costa frente a Tabasco, a una profundidad no menor de 1,300 m. Es sabido que otras especies del mismo género *Stenella* como *S. bredanensis*, *S. clymene* y *S. frontalis* se registraron en la zona nerítica sobre el talud continental y en profundidades de hasta 1,500 m. Se ha reportado que la mayor diversidad de mamíferos marinos se encuentra en donde termina la plataforma continental e inicia el talud continental (Biggs *et al.*, 2000; Baumgartner *et al.*, 2001; Davis *et al.*, 2002; Ortega-Ortiz, 2002).

Desde hace varias décadas se han encontrado niveles altos de sustancias contaminantes en los tejidos de muchas especies de mamíferos (Holden y Marsden, 1967). En Torres *et al.* (1995) se mencionan que existen problemas graves de contaminación por petróleo principalmente en la zona del Golfo de México y el Mar Caribe, las cuales tendrían relación con las actividades antrópicas realizadas en la zona.

No existe ningún cuerpo legal que se encargue de manera exclusiva de la protección de los cetáceos en el Golfo. En su lugar hay diferentes leyes relevantes para su conservación y manejo, las cuales se aplican en todo México.

#### 6.3.7

#### *Tortugas marinas*

En la zona costera del Golfo de México se encuentra una gran diversidad de hábitats costeros de alta productividad que son sistemas interconectados, como bahías, deltas, lagunas costeras y estuarios, humedales, pastos marinos y arrecifes de coral. Esta diversidad de ambientes permite alojar una importante cantidad de especies marinas y terrestres que le dan mayor valor a la zona costera. (CONANP, 2013).

En el Golfo de México se presentan 5 especies, en orden de abundancia: “tortuga blanca” (*Chelonia mydas*), “tortuga caguama” (*Caretta caretta*), “tortuga carey” (*Eretmochelys imbricata*), “tortuga lora” (*Lepidochelys kempi*) y “tortuga laúd” (*Dermochelys coriacea*) (en INE-SEMARNAT, 2004).

Es importante mencionar que las tortugas marinas son muy difíciles de avistar, más aún cuando se encuentran presentes en el mar (Wennemer *et al.*, 1998). Los avistamientos de tortugas marinas durante cruceros de investigación son muy escasos (Wennemer *et al.*, 1998), y ningún avistamiento durante el recorrido no indica la ausencia de tortugas en la zona evaluada.



### 6.3.7.1 *Composición y abundancia de las especies registradas*

En el Área Contractual 7 durante la realización del crucero bio-oceanográfico se recorrieron 110 mn, lo cual representó un esfuerzo de muestreo de aproximadamente 16 horas 41 minutos de observaciones continuas. Sin embargo, no se registró ningún ejemplar de tortuga marina en el área evaluada.

Las características de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México, su hábitat y su alimentación, las playas importantes de anidación, la temporada de anidación, el período de mayor anidación, el promedio de huevos por nido y el período de incubación, se detallan en el Apéndice 6.20.

### 6.3.7.2 *Ubicación y distribución de las especies registradas*

Si bien no se observaron ejemplares de tortugas marinas, en el Golfo de México, las fuentes bibliográficas (INE-SEMARNAT, 2004) indican la presencia de diversas especies de tortugas marinas, algunas de las cuales se reproducen en sus playas, tal es el caso de las especies de tortugas que desovan en el estado de Tabasco: “tortuga lora” (*Lepidochelys kempii*), “tortuga blanca” (*Chelonia mydas*), “tortuga carey” (*Eretmochelys imbricata*), “tortuga caguama” (*Caretta caretta*) y “tortuga laúd” (*Dermochelys coriacea*) (ver Tabla 6.25).

Cabe indicar que no hay ninguna zona prioritaria de anidación en las costas que se encuentran frente al Área Contractual 7.

**Tabla 6.25** *Tortugas que ocurren en el Golfo de México*

Taxa	Especie	Autor	Año
Chelonidae	<i>Caretta caretta</i>	Linnaeus	1758
Chelonidae	<i>Chelonia mydas</i>	Linnaeus	1758
Chelonidae	<i>Eretmochelis imbricata</i>	Linnaeus	1758
Chelonidae	<i>Lepidochelys kempii</i>	Gaman	1880
Dermochelyidae	<i>Dermochelys coriacea</i>	Vyell	1761

**Fuente:** INE-SEMARNAT, 2004





Las tortugas marinas son especies neríticas, es decir que se les encuentra distribuida dentro del espacio correspondiente al zócalo continental, en el cual desarrollan parte de su ciclo vital. Algunas tortugas, como la “caguama” (*Caretta caretta*), anidan en el Golfo de México, tal como se muestra en la Figura 6.32.



Fuente: CONANP, 2011

Figura 6.32 Distribución de la tortuga caguama *Caretta caretta* en México

#### 6.3.7.3 Diversidad de especies registradas

Debido a la ausencia de individuos en el Área Contractual 7 la diversidad es cero. La ausencia de registros no implica la inexistencia de individuos de las especies señaladas anteriormente, y estaría asociada a la estacionalidad, la baja oferta alimenticia y las condiciones ambientales desfavorables para su avistamiento.

#### 6.3.7.4 Categoría de conservación

La legislación Mexicana protege a todas las especies de tortugas marinas registradas en su jurisdicción, las cuales se encuentran en situación de Peligro de Extinción (P) según NOM-059-SEMARNAT-2010. Asimismo, desde el año 2000 México es signatario de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (CIT) por lo adquirió compromisos internacionales para asegurar la conservación de estas especies desde un punto de vista regional.





Actualmente todas las especies de tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México se encuentran en la categoría de En peligro (EN) de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (2015), así como también en el Apéndice I de CITES y el Apéndice I de la CMS.

En la Tabla 6.26 se detalla el estado de conservación nacional e internacional para cada una de las especies de tortugas que ocurren en el Golfo de México.

**Tabla 6.26** *Categoría de conservación de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México*

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	CITES	CMS	Endemismo
<i>Lepidochelys kempii</i>	La lora	P	EN	I	I	No
<i>Chelonia mydas</i>	La blanca	P	EN	I	I	No
<i>Eretmochelys imbricata</i>	La carey	P	EN	I	I	No
<i>Caretta caretta</i>	La caguama	P	EN	I	I	No
<i>Dermochelys coriácea</i>	La laúd	P	EN	I	I	No

Nota: En Peligro (P); Especies en peligro (EN).

*Fuente:* ERM, 2016

Las temporadas de anidación varían según la especie; sin embargo, los períodos de anidación oscilan entre abril y diciembre y en algunos casos enero. La anidación se distribuye a lo largo del Golfo de México, con anidaciones raras o escasas en Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Dodd, 1988 en Comisión Nacional de Área Naturales Protegidas, 2011). Vale decir que entre enero y abril su presencia es menor en el Golfo de México, razón por la cual se habría registrado ausencia de individuos durante el crucero.

A nivel mundial, las poblaciones de las diferentes especies de tortugas marinas han disminuido considerablemente, y son las actividades antrópicas que modifican y degradan el hábitat tales como la pesca excesiva, el comercio ilícito de estas especies de tortugas, la captura y sacrificio de hembras anidadoras, y la captura incidental de juveniles y adultos. Es por ello que todas las especies de tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México se encuentran en la categoría En peligro (EN) de la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN (2015), estando además incluidas en el Apéndice I de CITES y el Apéndice I de la CMS.



## 6.4. Efectos biológicos

### 6.4.1 *Presencia de Metales Pesados en el Sedimento Marino*

En las zonas costeras y especialmente en las áreas próximas a los estuarios, la presencia de metales pesados en el sedimento, su concentración y su continua introducción, se realiza principalmente por la descarga y el aforo de los ríos. Las aguas de escorrentías superficiales, las corrientes locales, geodinámica regional, así como el tráfico marítimo de diferentes tipos de embarcaciones, las actividades relacionadas a los hidrocarburos, las descargas industriales, las actividades industriales y mineras en zonas altas de las diversas cuencas hidrográficas, son posibles causas de que diversos contaminantes puedan acumularse en el sedimento marino y registrarse en concentraciones con potencial de generar efectos biológicos potencialmente dañinos (bioacumulación, toxicidad, mortalidad, disminución de la biodiversidad, entre otros).

Entre los metales pesados, el mercurio, cobre, níquel, plomo, cobalto, cadmio, bario, etc., se presentan como los metales más tóxicos en concentraciones excesivas para diversos organismos acuáticos. Esta toxicidad puede generarse por la movilización de los metales a través de la red trófica y su posterior bioacumulación producto de la ingestión de organismos que presenten elevadas concentraciones de estos metales en sus órganos. Es importante mencionar que la toxicidad de los metales pesados no se da por sus características físicas y/o químicas *per se*, ni por su presencia o ausencia en el agua, sedimentos y/o los diversos organismos, poblaciones y comunidades presentes en el ecosistema; sino por la elevada concentración y/o configuración química (especie química) en la que se puedan encontrar.

Los metales pesados constituyen uno de los contaminantes más importantes en el medio ambiente debido a su elevada persistencia y toxicidad, a diferencia de muchos compuestos orgánicos sintéticos usados en la industria, medicina y agricultura. Los metales traza forman parte de los ciclos biogeoquímicos naturales. Algunos de estos metales pesados son móviles lo que facilita su transporte y disposición en fuentes lejanas a donde se generan, cuando el carácter biogeoquímico del ambiente depositacional cambia, algunos aspectos fisicoquímicos de los sedimentos como el tamaño de grano y la presencia de materia orgánica predisponen la presencia de estos elementos y facilitan su precipitación y acumulación, estos cambios fisicoquímicos se pueden ver favorecidos por causas naturales o antropogénicas (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).



Los principales procesos naturales que movilizan metales traza son: intemperismo de las rocas, desgasificación, vulcanismo terrestre y submarino y procesos relacionados con los sedimentos marinos (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

Entre las principales causas de movilización antropogénica están los procesos industriales y minero-metalúrgicos, producción de cemento, consumo de combustibles fósiles, fertilización de suelos, extracción de petróleo, entre otras (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

Algunos metales (Ba, Cr, Ni, V) están asociados, en el área cercana a las plataformas, a la actividad petrolera” (Gould Bolchot, Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, 2004).

Las contribuciones antropogénicas de metales traza a los estuarios y sedimentos costeros y marinos son introducidas a través de las aguas de escurrimiento, incluyendo los ríos; razón por la cual, los metales pesados se presentan en diferentes formas en el ambiente acuático. Los principales reservorios abióticos de metales son: la columna de agua, los sedimentos suspendidos y depositados y el agua intersticial. Cuando se alteran las condiciones redox se puede provocar un incremento en las concentraciones de metales y así, por procesos de difusión, compactación y bioturbación, afectar la concentración de los mismos en aguas adyacentes (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

Las concentraciones naturales de metales en ecosistemas acuáticos dependen de su distribución, meteorización y lixiviación en el área de la cuenca. Las actividades humanas, tanto industriales como urbanas, así como las prácticas agrícolas, pueden incrementar la carga de metales pesados en los ecosistemas acuáticos o alterar sus ciclos naturales al producir concentraciones elevadas en algún compartimento particular” (Tulonen *et al.* 2006 citado por Rizzo *et al.* 2010). Las principales fuentes naturales de elementos traza son la meteorización y el lixiviado de las rocas y suelos de la cuenca, el aporte puntual de posibles manifestaciones minerales expuestas, los incendios forestales y de pastizales extendidos, y los aportes por emisiones volcánicas (Rizzo *et al.*, 2010).

El enriquecimiento de metales pesados en los sedimentos marinos es un tópico de gran interés, dada su capacidad de acumular dichas especies químicas y la peligrosidad que representan para la salud de los organismos bentónicos (Olajire *et al.*, 2003).

En el ambiente marino ya sea en el agua o en el sedimento, los metales traza son introducidos a las tramas tróficas ocasionando diversos daños en los diferentes





niveles de organización biológica e incluso a través de la cadena trófica pudiesen llegar al hombre (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

Un gran porcentaje de contaminantes (metales pesados e hidrocarburos) que ingresan al mar, ya sea por vectores naturales o antropogénicos quedan retenidos en los sedimentos, elevando sus concentraciones e incrementando de esta manera su potencial de efectos tóxicos sobre los microsistemas del entorno inmediato, generalmente bentónico.

Existen diversos trabajos tendientes a evaluar la presencia y efectos de los metales pesados en la zona costera del golfo de México, Macías-Zamora *et al.* (1999) estudiaron la distribución vertical y horizontal de los metales traza en sedimentos en la Sonda de Campeche y su posible relación con las actividades petroleras la mayoría de los metales mostraron una distribución horizontal con tendencia a incrementarse hacia el suroeste del área de estudio. Lo anterior, indicó que la distribución horizontal de los metales estaba siendo controlada, en gran medida, por la cercanía a la fuente de material terrígeno. También se sugiere que el gradiente en la distribución de metales, puede ser resultado de una circulación ciclónica forzada por los vientos en la bahía de Campeche. Estos resultados apoyan la idea del origen terrígeno de la mayoría de los metales en esta área; se reconoce a la carga asociada al detritus inorgánico acarreada por los ríos, como la principal fuente de entrada de metales, y se contrapone con la idea de entradas antropogénicas por el petróleo local (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

#### 6.4.2

##### *Presencia de Hidrocarburos en el Sedimento Marino*

A diferencia de otros contaminantes, entre los que destacan los plaguicidas, los fármacos y las sustancias de origen industrial, el petróleo es de origen natural por lo que muchos organismos están adaptados a su presencia e incluso hay bacterias y hongos que lo degradan. El petróleo puede llegar al mar a partir de diferentes fuentes, siendo la principal las operaciones asociadas al transporte por barco (National Academy of Science 1985) (Gould Bolchot, Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, 2004).

Los hidrocarburos alifáticos en ambientes marinos constituyen, en general, mezclas complejas en las que están presentes hidrocarburos tanto autóctonos como alóctonos, de naturaleza petrogénica, que desde la columna de agua llegan al sedimento, donde además pueden ser alterados o bien juntarse con los allí sintetizados mediante procesos bioquímicos bentónicos (Blanco *et al.*, 2006).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos derivan principalmente de combustibles fósiles y no son resultado de actividades biológicas (Blanco *et al.*, 2006); por ende, la determinación de concentraciones significativas de PAH's o





BTEX en muestras de sedimento permitirían establecer la naturaleza o potencial origen antrópico de las concentraciones de hidrocarburos aromáticos en el sedimento marino del área contractual evaluada.

Los sedimentos son el destino final de muchos contaminantes, y en particular de aquellos que son hidrofóbicos (Gould Bolchot, Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, 2004).

#### 6.4.2.1 *Niveles Guía de Referencia*

Durante las últimas tres décadas se han utilizado numerosas estrategias orientadas a la evaluación, manejo y remediación de los sedimentos contaminados (Peluso, 2011).

La calidad de los sedimentos se ha determinado históricamente a partir de mediciones de la concentración total de los compuestos individuales y comparados con valores de base o de referencia. Sin embargo, la cuantificación de los contaminantes por sí sola no es suficiente para poder determinar posibles efectos adversos sobre los organismos, o la disponibilidad de los diferentes materiales (Ingersoll, 1995 citado por Peluso, 2011). Las concentraciones de compuestos químicos en los sedimentos pueden ser muy elevadas, pero no tienen una relación directa con la biodisponibilidad. Este es un concepto muy importante en Ecotoxicología, ya que los tóxicos que no se encuentran biodisponibles, no se encuentran libres para ser incorporados por los organismos y por tanto no causar efectos adversos sobre los mismos (Newman y Unger, 2003 citado por Peluso, 2011).

En general, se han desarrollado diferentes enfoques para poder evaluar el grado en que los compuestos químicos asociados a los sedimentos pueden causar efectos adversos sobre la biota acuática. La forma más difundida de evaluación es la comparación con niveles guías de calidad” (Peluso, 2011).

Cuando se derivan niveles guía, se trabaja sobre los supuestos de que dichos valores pueden ser utilizados como medidas directas de los efectos potenciales de la contaminación en sedimentos sobre los organismos bentónicos. Estos valores han tenido numerosas aplicaciones, incluyendo diseños de programas de monitoreo, interpretación de datos históricos, evaluación de las necesidades de estudios detallados de calidad de sedimentos, estudio de la calidad de materiales a dragar, evaluaciones de riesgo ecológico y remediación entre otras (MacDonald *et al.*, 2000 citado por Peluso 2011).

Durante las últimas décadas se ha desarrollado un procedimiento técnico para predecir los efectos adversos producidos por sedimentos contaminados sobre los



organismos acuáticos, denominado como Guía de Calidad de Sedimentos (SQG en inglés) (Di Toro *et al.* 1991, US EPA 1992, Long *et al.* 1995, Ankley *et al.* 1996, MacDonald *et al.* 2000 citados por Calderón y Valdés, 2011).

Los objetivos del SQG son generar evidencias que permitan proteger a los organismos que viven en los sedimentos acuáticos de los efectos deletéreos producidos por sustancias químicas presentes en estos ambientes, evaluar y comparar los patrones de distribución espacial de sedimentos contaminados y diseñar y aplicar programas de monitoreo y remediación (Birch & Taylor 2002, Crane & MacDonald 2003 citados por Calderón y Valdés, 2011).

En base a una recopilación de antecedentes sobre efectos tóxicos de diversas sustancias sobre organismos acuáticos, el SQG establece valores de referencia denominados como ERL (Efecto de Rango Bajo) y ERM (Efecto de Rango Medio), lo que permite identificar tres categorías de efectos biológicos; efecto adversos raramente observados (concentración < ERL), ocasionalmente observados (concentración entre ERL y ERM) y frecuentemente observados (concentración > ERM) (Long *et al.* 1995, McCready *et al.* 2006 citados por Calderón y Valdés, 2011).

González-Lozano *et al.* (2006) en su publicación sobre la evaluación de la contaminación de sedimentos del área portuaria y zona costera de Salinas Cruz (Oaxaca) menciona que en México no existen normativas que regulen la matriz sedimentaria en cuanto a los límites permitidos de metales pesados y compuestos orgánicos, utilizando para dicha evaluación criterios internacionales de calidad de los sedimentos para evaluar la contaminación (NOAA, 1997; Long y MacDonald, 1998; Long *et al.*, 1998; TTLC, 1999 citados por González-Lozano *et al.*, 2006).

Para el presente estudio, se utilizaron las Normas de Referencia sobre la calidad de los sedimentos marinos, como la Guía Canadiense de Calidad de Sedimentos para la Protección de Vida Acuática (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) promulgada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, 1995). De acuerdo a la CCME, estas directrices de calidad de sedimentos proporcionan indicadores científicos o puntos de referencia para evaluar el potencial de efectos biológicos adversos en los ecosistemas acuáticos. Las directrices se derivan de la información toxicológica disponible de acuerdo con el protocolo oficial establecido por la CCME.

Asimismo, se utilizó la SQiRTs de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA por su acrónimo en inglés) y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para



---

suelo/sedimentos referentes a los valores meta holandesas y de intervención (2000).

#### 6.4.3 *Resultados del Análisis de Metales Pesados*

En la Tabla 6.27 se presentan de manera tabular los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de sedimento marino para metales pesados con su correspondiente comparación con las Normas de Referencia de la NOAA, la promulgada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, 1995) la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a los valores meta holandesas y de intervención (2000).





Tabla 6.27 Metales en sedimentos

Muestra	CEQG		SQuiRTs		B7-Fsed	B7-Gsed	B7-Hsed	B7-Ised	B7-Jsed	Dupli sed
Fecha de Muestreo	del CCME		de la NOAA		31/01/2016	01/02/2016	01/02/2016	01/02/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad	ISQG	PEL	TEL	PEL	315.0	205.0	60.0	93.0	130.0	130.0
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>PARÁMETRO</b>										
<i>Metales</i>										
Hierro	-	-	-	-	33,906.71	30,669.64	23,368.74	29,499.11	28,076.92	27,825.24
Zinc	-	-	<b>124.00</b>	<b>271.00</b>	<b>67.43</b>	<b>62.39</b>	<b>35.64</b>	<b>49.64</b>	<b>58.64</b>	<b>57.77</b>
Cadmio	0.70	4.20	0.68	4.21	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)
Plomo	<b>30.20</b>	<b>112.00</b>	<b>30.24</b>	<b>112.00</b>	<b>11.87</b>	<b>10.22</b>	<b>8.85</b>	<b>10.16</b>	<b>9.27</b>	<b>9.50</b>
Cobre	<b>18.70</b>	<b>108.00</b>	<b>18.70</b>	<b>108.00</b>	<b>64.84</b>	<b>59.46</b>	<b>35.39</b>	<b>56.58</b>	<b>44.04</b>	<b>44.87</b>
Cromo VI*	52.30	160.00	52.30	160.00	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)
Mercurio	<b>0.13</b>	<b>0.70</b>	<b>0.13</b>	<b>0.70</b>	ND(0.083)	ND(0.083)	ND(0.083)	<b>0.091</b>	ND(0.083)	ND(0.083)
Níquel	-	-	<b>15.90</b>	<b>42.80</b>	<b>38.35</b>	<b>45.78</b>	<b>28.42</b>	<b>25.00</b>	<b>35.52</b>	<b>37.46</b>
Vanadio	-	-	-	-	<b>30.78</b>	<b>55.81</b>	<b>30.29</b>	<b>33.93</b>	<b>48.32</b>	<b>47.56</b>
Plata	-	-	0.73	1.77	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)
Bario	-	-	-	-	<b>34.70</b>	<b>56.16</b>	<b>30.06</b>	<b>33.88</b>	<b>45.22</b>	<b>44.52</b>
Litio	-	-	-	-	<b>63.55</b>	<b>62.45</b>	<b>33.63</b>	<b>49.75</b>	<b>55.33</b>	<b>52.93</b>
Manganeso	-	-	-	-	<b>366.47</b>	<b>330.80</b>	<b>303.19</b>	<b>354.92</b>	<b>402.50</b>	<b>396.31</b>
Molibdeno	-	-	-	-	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)
Selenio	-	-	-	-	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)
Estaño	-	-	0.05	-	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)

**Notas:**  
 mg/kg = miligramos/kilogramo  
 CEQG del CCME = Guía Canadiense de Calidad Ambiental publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente  
 SQuiRTs de la NOAA = Tablas de Referencia Rápida publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos  
 ISQG = Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino  
 TEL = Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial)  
 PEL = Nivel de Efecto Probable  
 ND = Indica parámetro no detectado en o por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio (LC)





**\*Criterios para Cromo Total**

**VALOR** Los valores resaltados en negritas indican detecciones (i.e., valores reportados por arriba de los LC)

**VALOR** Los valores resaltados indican excedencias a los criterios de comparación CEQG del CCME

**VALOR** Los valores resaltados indican excedencias a los criterios de comparación SQuiRTs de la NOAA



Para el caso de la NOAA y la CCME, el valor más bajo o TEL, hace referencia al nivel de efecto umbral, el cual representa la concentración por debajo del cual se espera que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no representen una amenaza potencial. El valor superior o PEL, referido como el nivel de efecto probable, define el nivel por encima del cual se esperarían la ocurrencia de efectos adversos de manera frecuente.

En cuanto a lo establecido por la New Dutch List, los valores de intervención (intervention por su traducción al inglés) y de remediación de los suelos/sedimentos indican que las propiedades funcionales de estos para los seres humanos, plantas y animales, están deteriorados o amenazados seriamente. Los valores de intervención son representativos del nivel de contaminación por encima del cual hay un caso grave de contaminación del suelo/sedimento.

De acuerdo con los resultados reportados por los laboratorios analíticos, se observa que las concentraciones de cobre registrados para las muestras de sedimento en todas las estaciones de muestreo sobrepasan el nivel de referencia TEL de la NOAA y CCME; sin embargo, como se mencionó anteriormente, el nivel TEL hace referencia a que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no se manifiesten como potencial amenaza a los organismos bentónicos. Asimismo, se puede observar que el valor más alto registrado en el área de evaluación corresponde a la estación codificada como B7-F reportándose un valor de 64.84 mg/Kg, lo cual es bastante menor al nivel PEL por encima del cual se esperaría la ocurrencia de efectos adversos con significativa frecuencia.

Similar al caso del cobre, las concentraciones de níquel en todas las estaciones de muestreo sobrepasan los valores establecidos para el nivel de referencia TEL, y en una de las estaciones de muestreo (B7-G) la concentración reportada para este metal se encuentra sobrepasando el nivel de referencia PEL, siendo esta de 45.78 mg/Kg.

En cuanto al bario, los valores reportados se encuentran por debajo del nivel objetivo (target por su traducción al inglés) establecidos para la matriz suelos/sedimentos en la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List).

En lo que respecta al cadmio en el sedimento marino, si bien es cierto el límite de detección (2.00 mg/Kg) no permite establecer una base comparativa con el nivel de referencia TEL; analizando los resultados de laboratorio e información adicional generada en la espectroscopia de absorción atómica para detectar la presencia de este metal por abajo del límite de cuantificación, permitió determinar que todas las estaciones de muestreo, presentaron concentraciones de cadmio en



---

un rango de 0.96 a 1.13 mg/Kg, lo cual está por arriba del límite TEL pero por debajo del nivel de referencia PEL de la NOAA; esto significaría que las concentraciones detectadas están en un rango dentro de los cuales se producen efectos adversos de manera ocasional.

Así como para el caso del cobre, probablemente la fuente principal de las concentraciones de cadmio reportadas en el área contractual se deban a las características sedimentológicas del área evaluada con aporte terrígeno. De acuerdo a Álvarez *et al.* (1986), Botello y Páez-Osuna (1986) las concentraciones de cadmio en sedimento se relacionan con las descargas de los ríos cercanos, las características sedimentológicas y contenido de materia orgánica en el sedimento, así como el vertido de residuos industriales.

El cadmio es un metal pesado que reacciona con grupos biológicos activos (carbósil, fenol, sulfhidril y otros). Larsson *et al.* (1981) señalan que el cadmio causa variados efectos subletales en peces teleósteos, como fracturas y deformidad vertebral, daños testiculares, desarrollo defectuoso de óvulos, reducción del consumo de oxígeno por los tejidos branquiales, cambios patológicos en los tejidos renal e intestinal, efectos hematológicos y disturbios en el metabolismo de carbohidratos (Vera *et al.*, 2001).

De acuerdo a la revisión de estudios sobre efectos del cadmio en diferentes especies acuáticas realizada por Vera *et al.* (2001) (Tabla 6.28), se presentan en la siguiente tabla, diferentes concentraciones efectivas (CE 50%) de cadmio para diferentes especies marinas y de aguas continentales, comparándose con los valores reportados para cadmio en agua marina del nivel de fondo (más próximo al sedimento) en el Área Contractual 7.



Tabla 6.28 Especies acuáticas

Especie	Organismo	Medio	Estadío	CE 50% (mg/L)	Tiempo de Exposición	Autor	Estaciones de Muestreo Fondo mg/L
<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Agua Continental	Adulto	0,83	24h	Iannacone <i>et al.</i> (1999)	≤0.02
<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Agua Continental	Adulto	0,72	48h	Iannacone <i>et al.</i> (1999)	≤0.02
<i>Crassostea virginica</i>	Bivalvo	Marino	Embrión	3,80	48h	Calabrace <i>et al.</i> (1977) en Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Monodonta articulata</i>	Gasterópodo	Marino	Adulto	8,00	48h	Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Nitzschia incerta</i>	Diatomea	Marino	Adulto	0,02669	96h	Rachiln <i>et al.</i> (1983a) en Vymazal (1987)	≤0.02
<i>Emerita análoga</i>	Crustáceo	Marino	Zoea	0,580	96h	Sanchez <i>et al.</i> (1998)	≤0.02
<i>Chaetoceros gracilis</i>	Diatomea	Marino	Adulto	0,595	96h	Vera <i>et al.</i> (en prensa)	≤0.02
<i>Odontesthes regia regia</i>	Pez	Marino	Postlarva	0,648	96h	Este estudio (2002)	≤0.02
<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomea	Marino	Adulto	1,42	96h	Tam <i>et al.</i> (2000)	≤0.02
<i>Argopecten purpuratus</i>	Bivalvo	Marino	Juvenil	1,48	96h	Nelson <i>et al.</i> (1976) en Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Jordanella floridae</i>	Pez	Agua Continental	Juvenil	2,50	96h	Spehar (1976)	≤0.02
<i>Platichthys flesus</i>	Pez	Marino	Adulto	24,40	96h	Larssos <i>et al.</i> (1981)	≤0.02
<i>Neanthes arenaceodentata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	3,00	28d	Reish y Scott (1976) en Reish <i>et al.</i> (1978)	≤0.02
<i>Capitella capitata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	7,50	28d	Reish y Scott (1976) en Reish <i>et al.</i> (1978)	≤0.02

Fuente: Vera *et al.*, 2001





De acuerdo con los resultados de laboratorio, todos los valores reportados para cadmio en agua de mar del nivel de fondo correspondiente a las estaciones de muestreo del Área Contractual 7, registraron concentraciones menores o iguales a 0.02 mg/L, lo cual es más bajo a la concentración efectiva (CE 50%) con la cual se reportan efectos negativos por toxicidad, como daños histopatológicos o mortalidad en las especies listadas en la Tabla 6.28.

#### 6.4.4

##### *Resultados del Análisis de Hidrocarburos*

En la Tabla 6.29 se presentan los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de sedimento marino para hidrocarburos específicamente Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's) con su correspondiente comparación con las Normas de Referencia de la NOAA, la promulgada por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (CCME, 1995).



Tabla 6.29 HAP's en sedimentos

Muestra	CEQG del CCME		SQuiRTs de la NOAA		Dutch Target	B7-Fsed 31/01/20	B7-Gsed 01/02/20	B7-Hsed 01/02/20	B7-Ised 01/02/20	B7-Jsed 31/01/20	Dupli sed 31/01/20
Fecha de Muestreo	ISQG	PEL	TEL	PEL		16	16	16	16	16	16
Profundidad						315.0	205.0	60.0	93.0	130.0	130.0
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
<b>PARÁMETRO</b>											
<b>HAP</b>											
Benzo(a)antraceno	0.074 8	0.693 0	0.074 8	0.693 0	0.0250	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(a)pireno	0.088 8	0.763 0	0.088 8	0.763 0	0.0520	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(b)fluoranteno	-	-	-	-	-	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	0.3800	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Dibenzo(a,h)antraceno	0.006 2	0.135 0	0.006 2	0.135 0	-	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	-	-	-	-	0.0310	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
<b>Notas:</b>											
HAP = Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos											
mg/kg = miligramos/kilogramo											
CEQG del CCME = Guía Canadiense de Calidad Ambiental publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente											
SQuiRTs de la NOAA = Tablas de Referencia Rápida publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos											
ISQG = Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino											
TEL = Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial)											
PEL = Nivel de Efecto Probable											
ND = Indica parámetro no detectado en o por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio (LC)											



Como se mencionó anteriormente para el caso de la NOAA y la CCME, el valor más bajo o TEL, hace referencia al nivel de efecto umbral, el cual representa la concentración por debajo del cual se espera que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no representen una amenaza potencial. El valor superior o PEL, referido como el nivel de efecto probable, define el nivel por encima del cual se esperarían la ocurrencia de efectos adversos de manera frecuente.

De acuerdo con los resultados reportados por los laboratorios analíticos, se observa que las concentraciones de HAP's registrados para las muestras de sedimento en todas las estaciones de muestreo se encuentran debajo del límite de detección o cuantificación de laboratorio (0.133 mg/Kg). A pesar que el límite de detección es menor que el valor de referencia del ISQG y TEL de la CCME y la NOAA respectivamente, las concentraciones reportadas para el benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno y dibenzo(a,h)antraceno se encuentran debajo del valor de referencia PEL, lo cual nos indicaría que la presencia de los HAP's en el sedimento del área de estudio, no representa una amenaza potencial significativa a la biota acuática y en especial a los organismos bentónicos.

## 6.5. Áreas Sensibles

Las áreas sensibles en medio marino comprenden tanto ecosistemas frágiles (arrecifes coralinos) como áreas sujetas a protección especial (Áreas Naturales Protegidas y Regiones Marinas Prioritarias). También se toman en cuenta las rutas migratorias de aves y mamíferos marinos y aves que podrían cruzar el Área Contractual 7.

### 6.5.1.1 *Arrecifes coralinos*

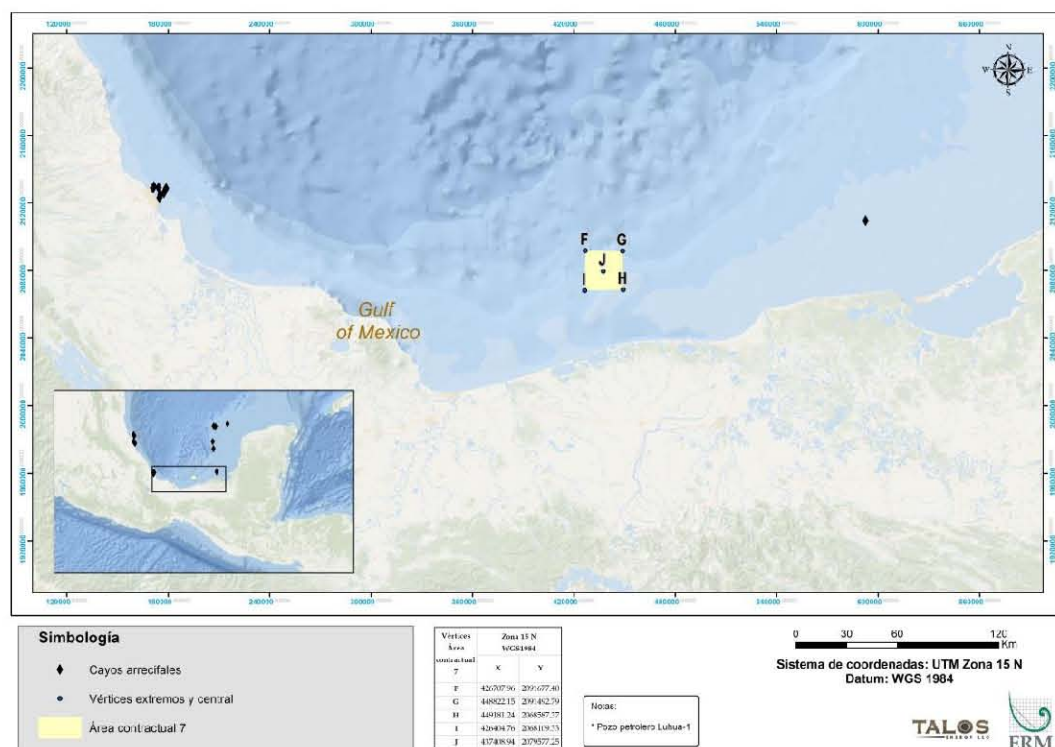
Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del mundo. Debido a su alta productividad biológica sostienen al mayor número de especies animales que cualquier otro ecosistema marino o terrestre conocido. La intensa actividad física y ecológica que se desarrolla en los arrecifes juega un papel decisivo en el mantenimiento del equilibrio químico de las aguas oceánicas, al procesar los enormes volúmenes de sedimento arrastrados al lecho marino por las corrientes oceánicas y las descargas de los ríos.

Asimismo, actúan como barreras que disipan la energía de las corrientes creando ambientes de baja intensidad y de alta estabilidad que favorecen las funciones de otros ambientes costeros críticos como los pastos marinos, las lagunas costeras y



los manglares. Agréguese sus funciones como áreas de refugio, alimentación y crianza de numerosas especies que las habitan de un modo permanente, estacional u ocasional.

En las inmediaciones del Área Contractual 7 no se ha reportado presencia de arrecifes de coral, tal como se observa en la Figura 6.33.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.33 Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 7

### 6.5.1.2 Regiones prioritarias

Una de las herramientas de protección y conservación de ecosistemas utilizada desde el año 1997 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) con el propósito de orientar esfuerzos de investigación que optimicen el conocimiento de la biodiversidad en México, ha sido el Programa de Identificación de Regiones Prioritarias para la Biodiversidad (CONABIO, 2004). Esta metodología se basa en la regionalización del terreno a partir de diferentes criterios, los cuales incluyen propiedades intrínsecas a los ecosistemas, así como particularidades en la ubicación de los mismos, incluyendo el grado de conservación en el que se encuentra la biodiversidad.

Entre los criterios utilizados se encuentran:





- Extensión del área,
- Integridad ecológica,
- Diversidad de los ecosistemas,
- Fenómenos naturales extraordinarios,
- Presencia de endemismos,
- Riqueza específica,
- Centros de origen y diversificación natural,

Las regiones prioritarias determinadas por este programa, así como aquellas con mayores posibilidades de conservación en función de aspectos sociales, económicos y ecológicos, fueron clasificadas considerando el ámbito marino como Regiones Marinas Prioritarias - RMP (Arriaga *et al.*, 1998).

En este sentido, se identificó que el Área Contractual 7 se encuentra dentro de la RMP N° 53 “Pantanos de Centla - Laguna de Términos”, tal como se observa en la Figura 6.34. Esta RMP tiene una extensión total de 55,114 km<sup>2</sup> y se ubica entre las coordenadas 18°42' y 17°39'26" de Latitud Norte y -94°45' y 94°16'12" de Longitud Oeste. Posee un clima cálido húmedo con lluvias en verano y la temperatura media anual oscila entre los 22 y 26°C, siendo una zona de pantanos, ríos y lagunas. Asimismo, tiene los afluentes de los ríos Jaltepec y Uxpanapa.

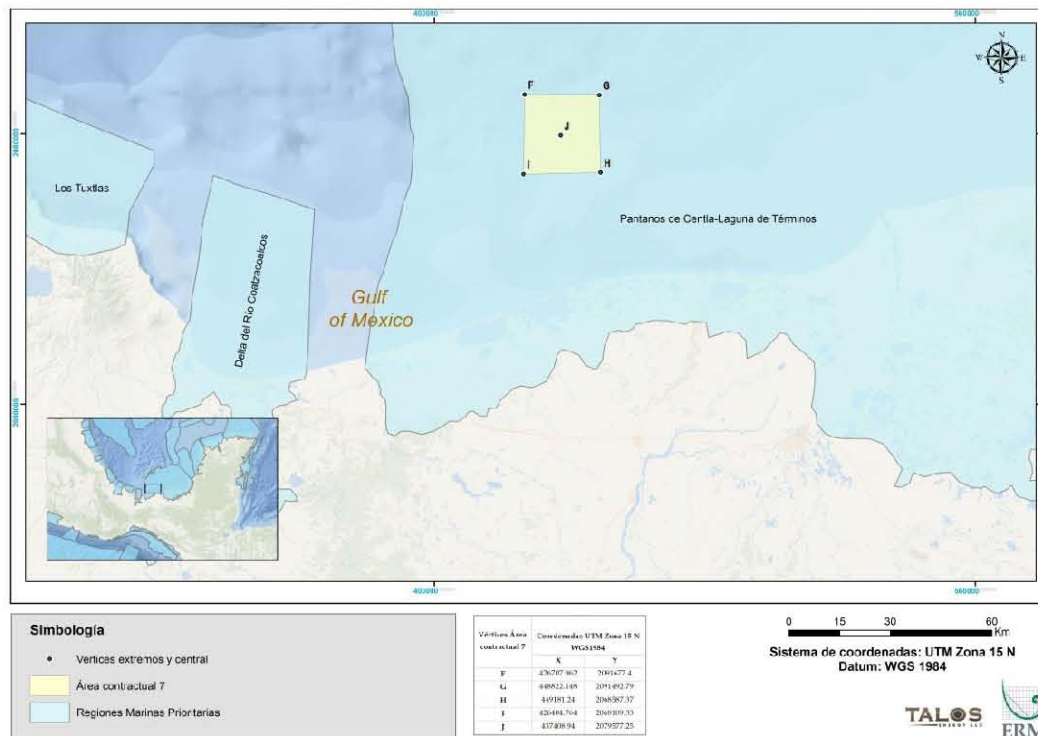


Figura 6.34 Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 7

Adicionalmente a las RMP, la CONABIO en conjunto con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y la organización no gubernamental PRONATURA, realizaron un análisis entre 2005 y 2007 para identificar a nivel nacional los sitios marinos prioritarios para la conservación de la biodiversidad. El Vértice H del Área Contractual 7 se ubica a tan solo 900 m de uno de los límites del sitio denominado “Humedales Costeros y Plataforma Continental de Tabasco”, considerado como muy importante, tal como se muestra en la Figura 6.35.

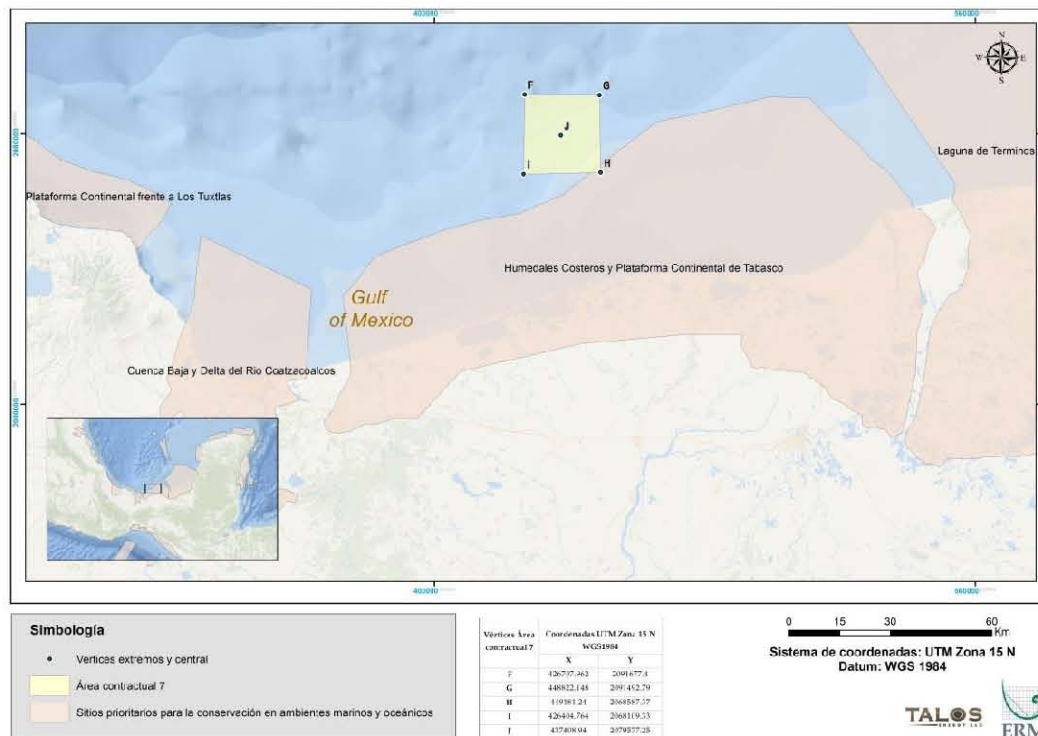


Figura 6.35 Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 7

### Áreas Naturales Protegidas

En cuanto a las Áreas Naturales Protegidas mediante decreto estatal o federal, y de acuerdo con lo establecido en el Artículo 46 de la LGEEPA, se consideran Áreas Naturales Protegidas (ANP) a los siguientes territorios: Reservas de la Biósfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Reservas Forestales, Zonas Protectoras Forestales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios, Parques y Reservas Estatales y Zonas de Preservación Ecológica de los Centros de Población.

No existen ANP en las inmediaciones del Área Contractual 7. La más cercana sería la Reserva de la Biósfera “Pantanos de Cental” en el estado de Tabasco, la cual se ubica a una distancia aproximada de 85 km, tal como se observa en la Figura 6.36. Esta Reserva de la Biósfera fue decretada en 1992 y se encuentra dentro de los municipios de Centla, Jonuta y Macuspana.

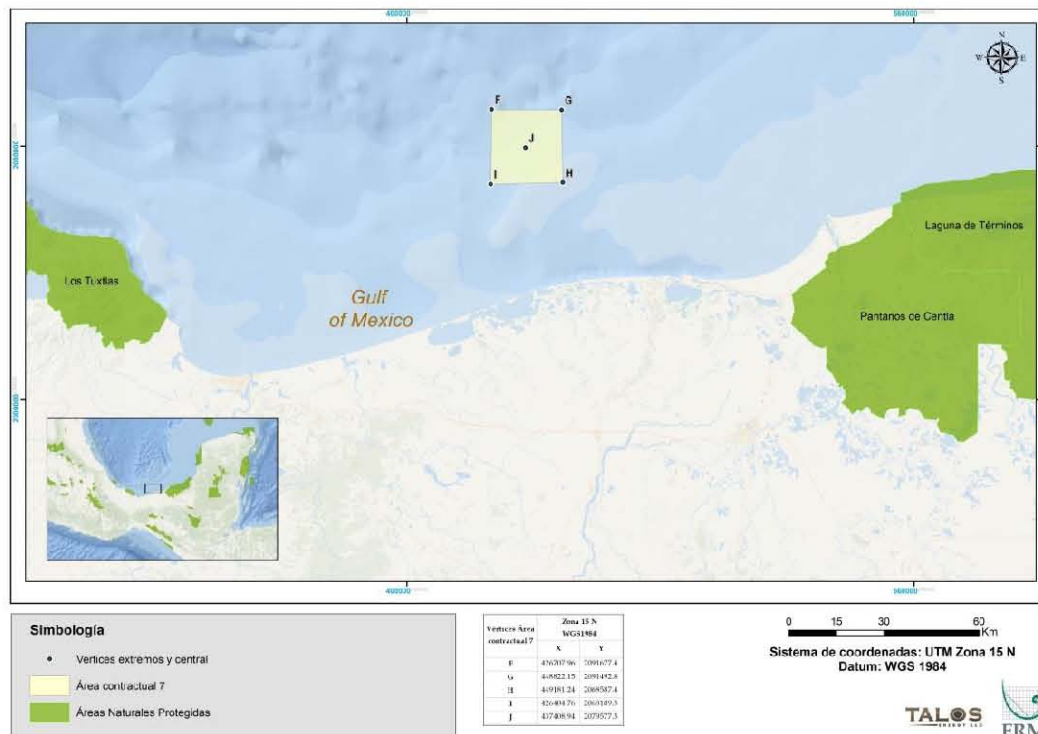


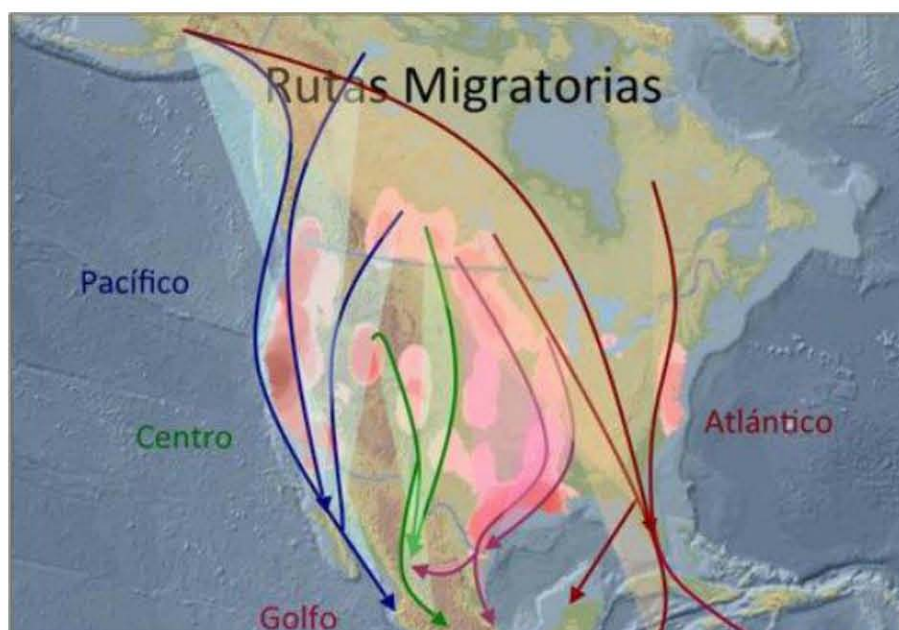
Figura 6.36 Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 7

### Rutas de migración de aves y mamíferos marinos

Las aves migratorias de Estados Unidos y Canadá invernan generalmente en México y América Central, y llegan a su destino siguiendo las rutas que dependen de su lugar de origen: las del Este lo hacen a través del Golfo de México o siguiendo la cuenca del río Mississippi. Sin embargo, las rutas pueden variar y dependen a veces de la historia de la distribución de las aves (Navarro y Benítez, 1995).

De manera general, en Norteamérica se reconocen cuatro rutas migratorias principales (ver Figura 6.37): la del Pacífico, la del Centro, la del Golfo y la del Atlántico (Berlanga y Rodríguez, 2010).





Fuente: Berlanga y Rodríguez, 2010

**Figura 6.37** Principales rutas migratorias de aves en Norteamérica: la ruta del Pacífico (azul), la ruta del Centro (verde), la ruta del Golfo (rosa) y la ruta del Atlántico (rojo)

En México, las zonas que poseen la mayor cantidad de especies de aves son las localizadas en la región costera del Este y Sureste de México, principalmente en los estados de Veracruz, Hidalgo, Tabasco, Oaxaca y Chiapas (Figura 6.38). Esta región es llamada de manera general “Planicie Costera del Golfo” (Navarro y Benítez, 1995). En la migración de otoño (de Norte a Sur), las especies siguen el curso de esta ruta a través de los estados de Tamaulipas y Veracruz, y cruzan el Istmo de Tehuantepec hacia la planicie costera del Pacífico en el estado de Chiapas, antes de continuar su curso por Centroamérica (Bildstein y Zalles, 2001). La mayoría de las especies e individuos no migran a través de extensiones amplias de aguas abiertas como el Golfo (Kerlinger, 1989).

Se ha estimado que en la costa del Golfo inverna el 35% del total de las aves migratorias que llegan a México: en la Laguna Madre (incluyendo el delta del río Bravo) se encuentra el 18.8%; en Tamiahua el 3.6%; en la Laguna de Alvarado el 2.5%; en Tabasco el 6.5%; y en Campeche y Yucatán el 3.8% (DUMAC, 1990).

La lista de las especies de aves migratorias en la sección Suroeste del Golfo se adjunta en el Apéndice 6.21.



Fuente: Íñigo-Eliás 2006.

Figura 6.38 Rutas migratorias de las aves durante Primavera - Otoño

En cuanto a los mamíferos marinos, no se conocen de rutas migratorias ni de distribución de mamíferos marinos en el Golfo de México, por lo que estos no serían afectados por las actividades que se realizarían en el Área Contractual 7.

## 6.6. Identificación de la Infraestructura Existente

### 6.6.1 Actividades Económicas

La pesca constituye la principal actividad económica que se desarrolla en el Área Contractual 7 y sus inmediaciones.

#### 6.6.1.1 Pesca

##### *Pesca industrial*

En México, como en otros países latinoamericanos, la pesca ribereña alcanzó niveles máximos. A partir de los años ochenta y hasta la actualidad, las principales pesquerías del país se encuentran en los niveles máximos de explotación permisibles e, incluso, en niveles de sobreexplotación. Esta situación fue influenciada por el rápido crecimiento de la industria pesquera promovida, en su momento, por el afán del gobierno mexicano en invertir en instalaciones modernas y flotas pesqueras equipadas con sistemas de propulsión motorizado, métodos electrónicos para la detección de cardúmenes, uso de material sintético





para redes y la adopción de estrategias de captura apoyadas con información de flota acuática o apoyo aéreo. Este desarrollo tuvo su auge con las flotas pesqueras del litoral del Pacífico y el Golfo de California, aunque también tuvo influencia en el litoral del Golfo de México, en donde la flota más industrializada es la dedicada al camarón, que faena principalmente en Tamaulipas y Campeche (FAO, 2003).

Además de la pesquería de camarón, las pesquerías de atún y sardina son industriales. El resto de la pesca se lleva a cabo por flotas ribereñas o de pequeña escala (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2011).

### *Pesca artesanal*

Según el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), en México hay aproximadamente 300,000 pescadores, de los cuales 52% (156,000) operan en el litoral del Pacífico, 40% (120,000) en el litoral del Golfo de México y el Mar Caribe y 8% (24,000) en entidades federativas sin litoral marino (lagunas costeras, lagos, ríos y presas) (Cisneros-Mata, 2012).

En 2012, se capturó el equivalente a 1,516,349 toneladas de recursos pesqueros. El 15.8% de dicha producción provino del litoral del Golfo y el Caribe, el 81.8% del litoral del Pacífico, y el restante 2.4% de cuerpos de agua sin litoral (CONAPESCA, 2012).

Las principales especies capturadas en 2012 en el litoral del Golfo y el Caribe fueron el ostión, el pulpo, el camarón, la mojarra, el mero, el jurel y la jaiba. Combinadas, estas especies conforman el 79% de las capturas principales. El resto está compuesto por una variedad de recursos como caracol, carpa, bandera, robalo, almeja, lisa, lebrancha, rubia, villajaiba, cintilla, bagre, rubio, pepino de mar, pargo, guachinango, peto, langosta, tiburón y cazón.

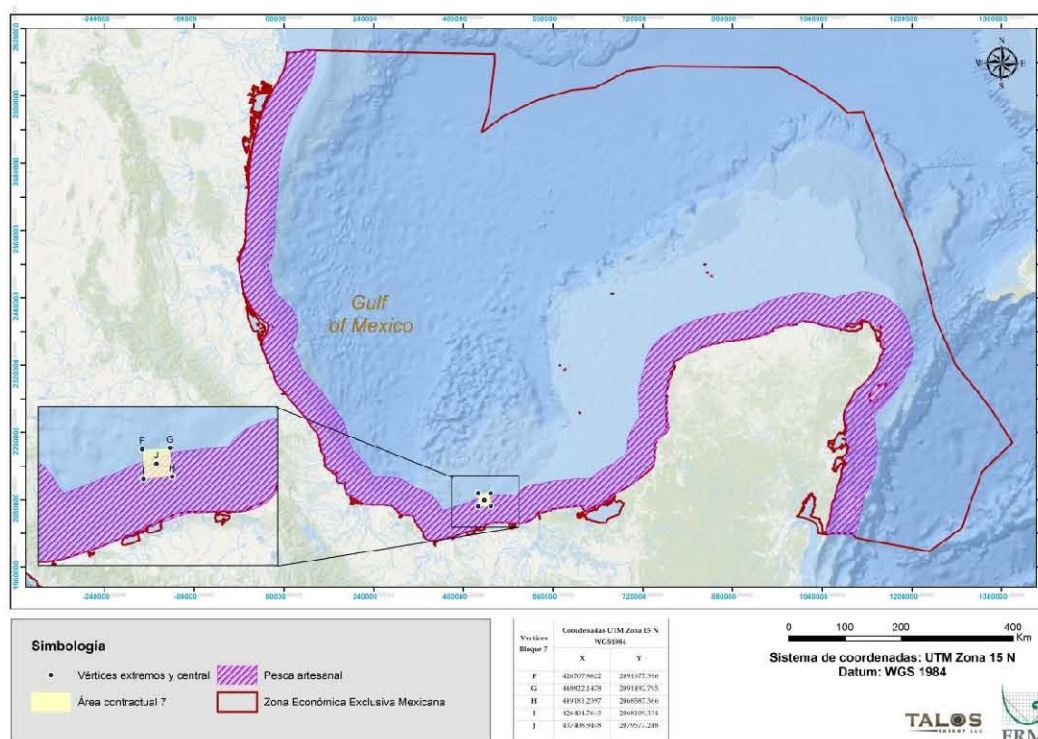
La pesca artesanal se limita únicamente al litoral y, por esa razón, guarda una estrecha relación con las operaciones ribereñas, que son las actividades de captura realizadas desde tierra o a bordo de embarcaciones menores y que se desarrollan en esteros, bahías, ríos, lagunas o áreas no muy alejadas del litoral. Por lo anterior, es común que cuando se hace referencia a la pesca ribereña, se haga alusión implícita a la pesca artesanal y viceversa (Botello *et al.*, 2010b). Ambos términos son usados indistintamente.

En México, salvo las pesquerías de atún, sardina y camarón, que son industriales, el resto de la actividad pesquera se lleva a cabo por flotas artesanales (Villaseñor *et al.*, 1996). Según la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca un total de 23,967 embarcaciones ribereñas se encuentran registradas para operar en el litoral del Golfo y el Caribe (CONAPESCA, 2012). La pesca artesanal genera el 65% de la



producción destinada al consumo humano directo y constituye una fuente importante de empleo: el 85% de los pescadores del país son ribereños (Cisneros-Mata, 2012).

Por lo general, la pesca ribereña se lleva a cabo en los primeros 50 km costa afuera, a lo largo del litoral del Golfo, tal como se muestra en la Figura 6.39.



Fuente: ERM, 2015 con base en Cisneros-Mata, M., 2012.

**Figura 6.39** *Distribución Espacial de la Pesca Artesanal*

La comercialización de la captura artesanal tiene diversos mecanismos y maneras de realizarse. En esta cadena pueden intervenir cooperativas, mayoristas, acopiadores, empresarios, grandes compradores, supermercados, detallistas, entre otros (Avdalov, 2009).

El pescador independiente, el más vulnerable ante el aumento de costos de operación y la disminución de precios de mercado, vende su producto en mercados locales o directamente al consumidor final a través de la venta ambulante o callejera. El pescador contratado por un patrón, quien le provee de equipo, vende su captura a su patrón y este, a su vez, lo revende a empresarios o lo hace llegar al consumidor final a través de cadenas de comerciantes o detallistas. En este proceso pueden existir diferentes niveles de intermediarios, lo



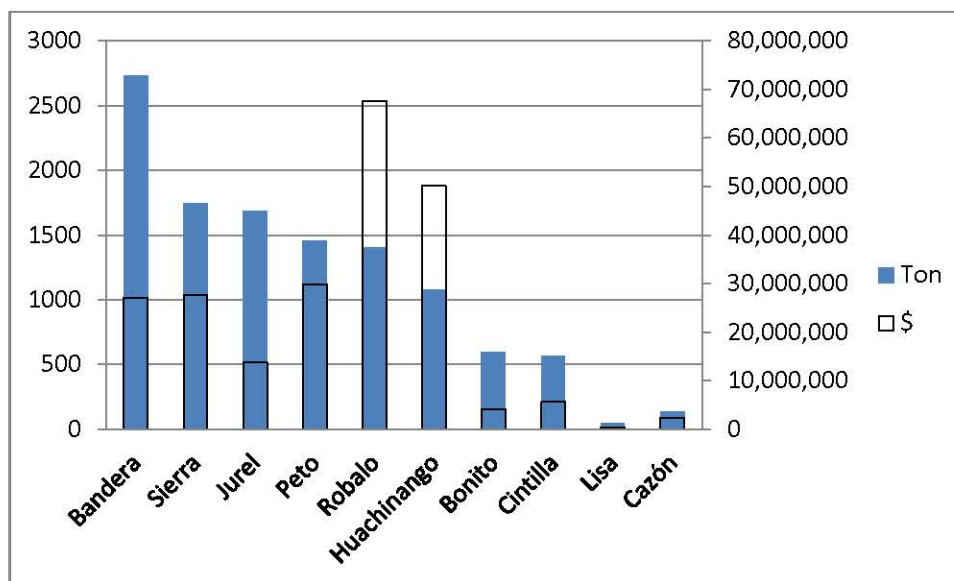


que va haciendo la cadena comercial más compleja. El pescador de cooperativa pone su captura a disposición de la cooperativa para su comercialización a través de mayoristas o detallistas.

La principal problemática que enfrentan los pescadores ribereños en cuanto a la comercialización es la falta de integración del sector para evitar a los intermediarios, acortar la cadena y mejorar la rentabilidad de las capturas que, a su vez, dificulta la adquisición de equipo para mantener las redes de frío y mantener el producto fresco por más tiempo (Botello *et al.*, 2010a).

### *Especies, zonas de captura y artes de pesca*

En esta sección se presentan las principales especies capturadas, las características de la pesca y las artes empleadas en el área de estudio. Para tal fin, se ha tomado en cuenta el Reporte Anual 2014 de las oficinas de pesca ubicadas en las localidades de interés.



Fuente: ERM, 2016 con base en CONAPESCA, 2014.

**Gráfica 6.28** Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial

En la Gráfica 6.28 se observa que la especie con mayores volúmenes de captura en la región de interés es la “bandera”; sin embargo, debido a su valor comercial el “robalo” representa un ingreso mucho mayor, seguido del huachinango. En la Tabla 6.30 se observan las características de la captura de las principales especies comerciales de peces.

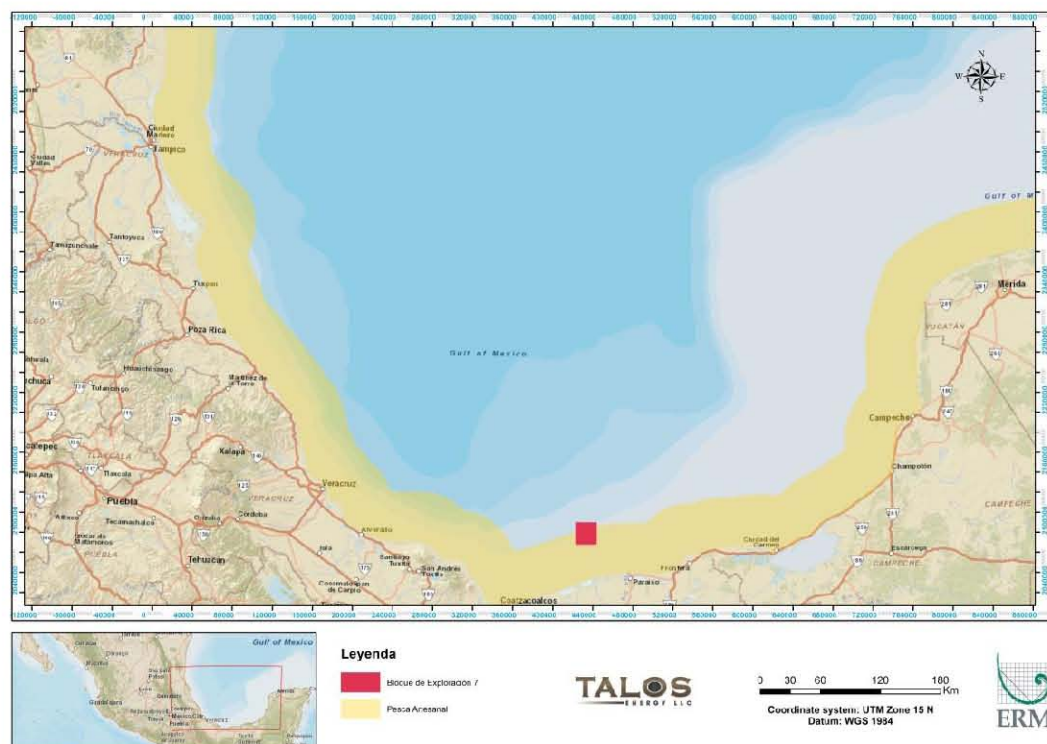


**Tabla 6.30** Características de la captura de las principales especies comerciales de peces

Especie	Unidad de esfuerzo	Arte de pesca	Talla (cm)	Área	Profundidad (m)	Estatus
Bandera	2-4	Palangre de fondo con 300 a 1500 anzuelos	20- 60	Desembo cadura del R. Coatzaco alcos	DD	AMS
Sierra	3-4	Red agallera	33	DD	DD	AMS
Jurel	2	Red de enmalle	18-44	DD	10-40	AMS
Peto	3-4	Red Agallera, malla de 76.2 mm y 300 a 800 m de long.	DD	DD	DD	AMS
Robalo	2-4	Red agallera para robalo	DD	DD	DD	AMS
Huachinango		Línea de mano y palangre huachaninguero.	40	Coatzaco alcos		D
Bonito	3-4	Red agallera	33	DD	DD	AMS
Cintilla	2	Red de enmalle	18-44	DD	10-40	DD
Lisa	2-4	Redes de enmalle o agallera y atarrayas.	38	DD	DD	D
Cazón	2-4	Palangre de deriva o de fondo y red de enmalle	DD	DD	DD	AMP
DD: dato desconocido AMS: aprovechamiento máximo sustentable D: deterioro AMP: aprovechamiento máximo permisible						

*Fuente: Carta Nacional de Pesca, 2012*

Las especies mencionadas son capturadas en el Golfo por los pescadores de Coatzacoalcos, desde las costas de la localidad de Jicacal hasta los límites del río Tonalá en Tabasco, tal como se observa en la Figura 6.40.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.40 Zonas de pesca cercanas al Área Contractual 7

Respecto al tipo de embarcación utilizado, como se ha mencionado anteriormente se realiza a bordo de embarcaciones menores o lanchas, las cuales tienen un arqueo bruto máximo de 1 tonelada y una eslora de hasta 10 m (ver Figura 6.41). Estas embarcaciones están provistas de un motor de 2 o 4 tiempos con potencias entre 40 y 75 Hp en su mayoría, con un material de casco de fibra de vidrio o policarbonato. Dichas embarcaciones cuentan con los dispositivos y medios de salvamento, navegación, comunicación y contra incendio mínimos requeridos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (aro salvavidas, chaleco salvavidas, extintor portátil, compás, heliógrafo, linterna eléctrica, botiquín, ancla y GPS).



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.41 Embarcaciones utilizadas para la pesca artesanal

### Formas de asociación

En México existen diferentes formas de asociación de pescadores, destacando las Sociedades Cooperativas (SC) entre las más comunes. Además de las SC, la CONAPESCA reconoce “Otras Formas de Organización Social” (OFOS), entre las que se encuentran: Unión de Pescadores (UP), Unidades o Uniones de Producción (UPP), Grupos Solidarios (GS), Unidades Económicas Especializadas de Producción Pesquera Piscícola o Acuícola (UEE), Sección Especializada (SE), Sociedades de Solidaridad Social (SSS) y Sociedad de Producción Pesquera, Piscícola, Acuícola y/o Pesquera y/o Rural (SP) (ver Tabla 6.31).

Todas las formas de asociación se rigen por la Ley General de Sociedades Cooperativas<sup>6</sup>, excepto la SSS y la SP que se rigen por la Ley General de Sociedades de Solidaridad Social<sup>7</sup> y la Ley Agraria<sup>8</sup> respectivamente. No existe

<sup>6</sup> Última reforma publicada en 2009.

<sup>7</sup> Ley vigente publicada en 1976.





literatura que detalle las diferencias de cada forma de organización y las razones por las que cada figura fue creada. Sin embargo, la CONAPESCA sí mantiene un registro de la existencia de cada tipo (González-Macías, 2012).

Al 2012 se encontraban registradas un total del 6,918 organizaciones (55% cooperativas y 45% OFOS). De esas, 1,688 estaban registradas para operar en el litoral del Golfo y el Caribe (72% cooperativas y 28% OFOS).

Las 1,688 organizaciones tenían un total de 66,889 miembros. En la Tabla 6.31 se resume la cantidad de organizaciones y sus miembros por Estado en el litoral del Golfo y el Caribe.

*Tabla 6.31 Formas de organización social y número de miembros por Estado*

Estado	No. de organizaciones			No. de miembros		
	Cooperativas	OFOS	Total	Cooperativas	OFOS	Total
Veracruz	376	77	453	9,776	16,632	26,408
Tabasco	341	142	483	15,345	3,976	19,321
Totales	717	219	936	25121	20608	45729

*Fuente: CONAPESCA, 2012.*

El Estado que mayor cantidad de organizaciones tiene es Tabasco (483), seguido de Veracruz (453); por otro lado, dichas organizaciones albergan una mayor cantidad de miembros en Veracruz (26,408) y después en Tabasco (19,321).

De las 1,223 sociedades cooperativas en el litoral del Golfo y el Caribe, el 84% (1,026) practican la pesca ribereña y el 8% la pesca industrial. El 8% restante pertenece a sociedades cooperativas de actividad acuícola.

A pesar de que el estado de Veracruz es el que cuenta con el mayor número de asociaciones de pescadores, esto no necesariamente es proporcional a la cantidad de recurso pesquero capturado.

#### *Formas de asociación en el Área Contractual 7*

De acuerdo con lo que se reportó en campo, los pescadores que realizan faenas en el Área Contractual 7 pueden ser libres, trabajar para permisionarios o pertenecer a una sociedad cooperativa. Los permisionarios funcionan como pequeños empresarios mientras que las cooperativas son organizaciones comunitarias

<sup>8</sup> Última reforma publicada en 2012.



compuestas por socios que se reparten en partes iguales. Los permisionarios son dueños de las embarcaciones y contratan a su tripulación: tres pescadores y un patrón. Después de cubrir los gastos de traslado, alimentación, carnada y extras, los permisionarios se quedan con el 50% de la ganancia del día, el resto se reparte entre la tripulación, con un porcentaje mayor para el patrón. En algunos casos, además de su paga normal, se les puede dar 3 pesos extra por kilo para asegurar que no vendan la pesca por fuera, esto depende de cada permisionario. Estos Los permisionarios se organizan en federaciones de permisionarios.

Por otro lado, las Sociedades Cooperativas se componen de socios que son dueños de sus propias embarcaciones y en las cuales a veces trabajan pescadores libres. Las ganancias se juntan y se reparten por partes iguales entre los socios, después de cubrir las cuotas de administración, transporte y venta. Las cooperativas también se agrupan en Federaciones.

Los permisionarios son los encargados del papeleo (permisos, reparaciones, trámites, venta, entre otros) de las embarcaciones. En las sociedades cooperativas cada quien se encarga de su papeleo por embarcación; sin embargo, como sociedades, pueden recibir apoyos de gobierno más fácilmente. En estos apoyos el gobierno pone 50% y la cooperativa 50%, ya sea para motores, redes, materiales, entre otros. Las Cooperativas reciben apoyos de gobierno a través de una credencial que emite la SAGARPA: el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura. Se manejan con GPS y radios, las comunicaciones tienen que entrar y salir por la Capitanía de puerto.

En cuanto a las artes de pesca, utilizan palangre en su mayoría, aprovechando todo lo capturado: huachinango, cazón, tiburón o raya. Salen a pescar un día entero, se van 4 personas de tripulación. Mencionan que antes se pescaba en mayores cantidades pero con los años ha ido bajando la cantidad de pesca, tampoco existen medidas de mitigación para esta problemática. De acuerdo con los pescadores, la disminución en la cantidad de pesca obedecería a las plataformas y a los barcos de exploración petrolera. Su zona de pesca también se habría visto reducida debido a la misma razón. Otro problema para la pesca ha sido la fuga de hidrocarburos en los ductos. Conforme va disminuyendo la pesca, los pescadores alargan sus redes para poder cubrir un área mayor.

De acuerdo con la oficina de pesca de la SAGARPA, la gente que se dedica a la actividad pesquera en la región se ha triplicado en los últimos 30 años; asimismo, se ha reducido el tamaño de mallas, se utilizan artes de pesca no autorizadas, no se respetan las vedas y se pesca indiscriminadamente.



### Vedas

La veda es el acto administrativo por el cual se prohíbe llevar a cabo la pesca en un periodo o zona específica, establecido mediante acuerdos o normas oficiales con el fin de resguardar los procesos de producción y reclutamiento por especie, lo anterior de acuerdo a la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.

De acuerdo a lo anterior existen tres tipos de veda la cuales se describen a continuación:

- Veda permanente

Es aquella en la que no se puede aprovechar el recurso en ningún momento del año, de forma indefinida.

- Veda temporal fija

Es la que se encuentra establecida por un periodo definido fijo, el cual se repite anualmente.

- Veda temporal variable

Este tipo de prohibición se establece por un periodo definido, el cual se actualiza anualmente.

En la Tabla 6.32 se presenta información sobre las vedas de las principales especies comerciales capturadas en las inmediaciones del Área Contractual 7.

**Tabla 6.32** Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 7

Nombre común	Especie	Tipo Veda	Zona	Periodo	Aplicación
Robalo	<i>Centropomus</i> sp.	Temporal fija	De la Barra de Chachalacas hasta la Barra de Tonalá	Del 1 de julio al 15 de agosto.	DAC
Lisa	<i>Mugil cephalus</i>	Temporal fija	Zona norte del estado de Veracruz.	Del 1 de diciembre al 31 de diciembre y del 1 de febrero al 28 de febrero.	FAC
FAC: fuera de la zona del Área Contractual 7 DAC: dentro de la zona del Área Contractual 7					

Fuente: SAGARPA, 2015





### 6.6.1.2 *Actividades recreativas*

El sector turístico en México es considerado como un sector de prioridad para el país ya que genera rendimientos económicos importantes, proporciona fuentes de empleo y fomenta el desarrollo regional. Es uno de los sectores que más contribuye al Producto Interno Bruto (PIB), con alrededor del 8.4% (El Economista, 2014). Como parte del Programa Sectorial de Turismo del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (Gobierno de la República, s.f.), varios estados están invirtiendo en infraestructura y capacitación para impulsar el turismo y que este se convierta en una importante fuente de ingreso anual (El Universal, 2013).

Los principales períodos vacacionales en México son:

- Semana Santa (entre marzo y abril según el año);
- Vacaciones de verano (julio y agosto);
- Navidad (semana del 24 y 25 de diciembre); y,
- Año Nuevo (semana del primero de enero).

Durante estas fechas, los destinos turísticos, incluidos aquellos dentro del área de estudio, son visitados por turistas nacionales y extranjeros. En todos los Estados del litoral del Golfo y el Caribe se pueden practicar deportes acuáticos, ecoturismo, pesca, visitas a sitios arqueológicos, y observación y liberación de tortugas (la temporada de anidación es de abril a noviembre, estando todas las especies protegidas bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Gobernación, 2013).

Veracruz tiene una gran diversidad de sitios turísticos y actividades disponibles tales como el ecoturismo, visitas a zonas arqueológicas y balnearios.

Al ser destinos principalmente playeros, los estados del litoral del Golfo y el Caribe pueden verse afectados por la ocurrencia de huracanes. La temporada de huracanes abarca de junio a noviembre.

En Veracruz, los turistas suelen visitar los humedales de agua dulce; las zonas arqueológicas de Cuajilote, Paxil, Cempoala y El Tajín; los campamentos tortugueros y pueblos pesqueros de la costa. Algunas de las zonas turísticas más importantes incluyen: Costa Esmeralda (20 km de playa), el puerto de Veracruz,





Boca del Río, Catemaco, Coatzacoalcos, Punta Antón Lizardo, Playa Escondida, Arroyo de Lisa, Playas de Cazonas, Quiahuitlán y Cempoala. Veracruz es un estado bien conectado dada la longitud y accesibilidad de sus carreteras. En el caso de Boca del Río, es un punto turístico muy importante por lo que la infraestructura ha crecido de manera acelerada. De acuerdo al Gobierno del Estado de Veracruz (2014), en el 2014 el turismo generó alrededor de mil millones de dólares con la llegada de 8.9 millones de turistas. Esto fue resultado de la expansión en la conectividad aérea y terrestre, la apertura de nuevos hoteles y la promoción turística. Las actividades con mayor derrama económica fueron el Turismo de Aventura y Naturaleza, rubro en el cual se llevaron a cabo eventos de importancia a nivel nacional e internacional tales como la Sexta Carrera de Kayak Alseseca y la Carrera Panamericana y el Turismo de Reuniones, el cual atrajo a más de 130 mil asistentes.

#### 6.6.2

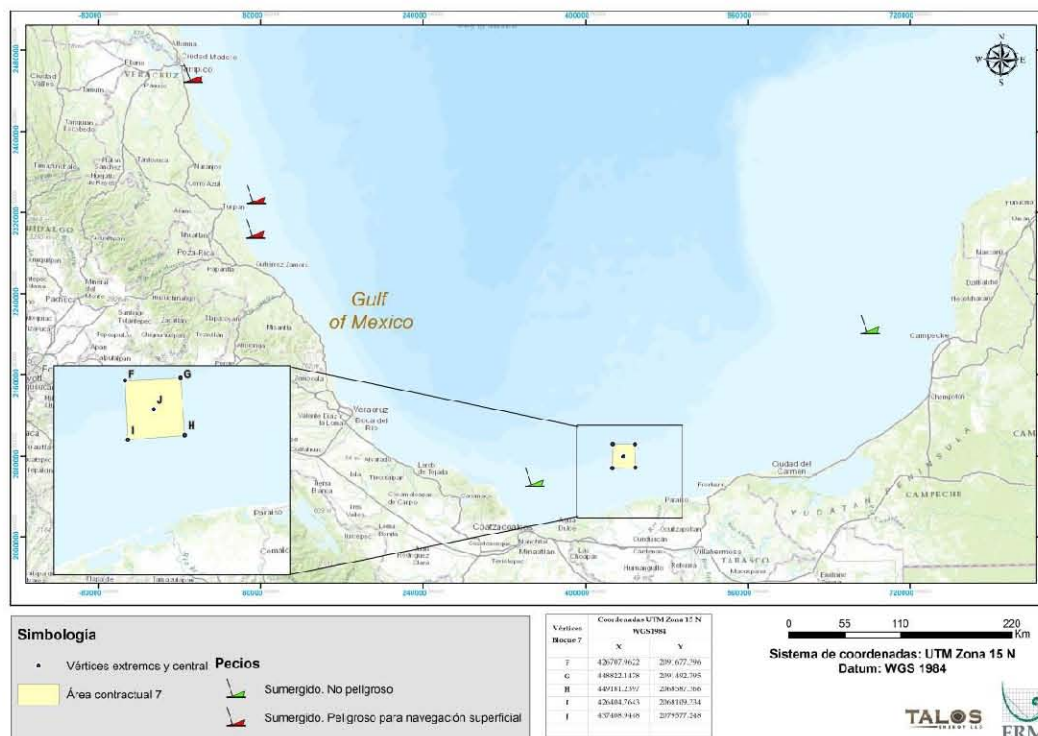
##### *Patrimonio Arqueológico*

La Subdirección de Arqueología Subacuática (SAS) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) es la autoridad designada para localizar, documentar e investigar los sitios arqueológicos e históricos sumergidos a lo largo del país. Estos sitios son de importancia económica para la región ya que representan una importante fuente de ingreso turística.

En Veracruz se encuentran vestigios de embarcaciones en el Arrecife Bajo Hornos y en el Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano yacen elementos arqueológicos. Hasta el momento se conoce que Veracruz cuenta con un total de 8 sitios arqueológicos sumergidos (Milenio, 2014).

En la región del Golfo de México se han registrado 6 naufragios, uno de ellos en Coatzacoalcos. La mayoría de los naufragios en el Golfo no representan un riesgo para la navegación ya que están sumergidos.

En la Figura 6.40 se muestran los naufragios cercanos al Área Contractual 7.



Fuente: ERM, 2015. Con base en Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2016

Figura 6.42 Naufragios en el Litoral del Golfo de México



## 6.7. Diagnóstico ambiental

El presente documento considera los resultados de los estudios ambientales realizados para el Área Contractual 7 con el propósito de determinar una a línea base ambiental previa al inicio de las actividades petroleras, que permita identificar y registrar los daños ambientales y daños preexistentes en dicha área; se contó con dos fuentes primordiales de información:

- Información primaria obtenida en campo
- Información secundaria (obtenida tras la revisión de fuentes bibliográficas disponibles)

La zona del área contractual 7 es un sistema de importancia ecológica, pesquera e industrial debido a su a diversidad de especies, su gran potencial pesquero y por la explotación de hidrocarburos. Más del 80% del petróleo y más del 95% del gas natural mexicano se producen en las costas del Golfo de México (Lara-Lara et al., 2008).

De acuerdo con la revisión bibliográfica la zona recibe un importante aporte de agua dulce, ya que desembocan las descargas de los principales ríos de Norteamérica. Concretamente, la sección mexicana recibe el 60% de la descarga nacional y tiene el 75% de la superficie de ambientes estuarinos (Botello, Villanueva, & Díaz, 1997).

Respecto a la pesca, la zona costera del Golfo contiene un gran número de sistemas lagunares los cuales fungen como zonas de protección, reproducción y áreas de crianza de recursos pesqueros estuarinos- dependientes. Lo anterior corresponde al 40% de la captura comercial de peces (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

El Área Contractual 7 se localiza en la plataforma continental media y externa, así como una porción del talud continental del Oeste. La profundidad para el Área Contractual 7 se encuentra entre los 60 metros y los 315 metros y con respecto a los patrones de dispersión se encontró que el contenido de material particulado o suspendido decrece a los 150 metros hasta en un 22.7%.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos estudiados: salinidad, pH, Temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y fluorescencia se puede mencionar que el Área Contractual 7 presenta valores normales para las diferentes variables, la salinidad está en un rango que va de 35.9 a 36 UPS mientras que la temperatura varía entre 25.95 a 26.45°C valores que se encuentran dentro de los límites promedio para el Golfo de México; adicionalmente se encontró la presencia de





dos masas de agua oceánica, esperadas dadas las descripciones bibliográficas para el sitio de estudio.

El oxígeno disuelto (OD) presentó valores de 1.68 hasta 5.90 ml/L. En general, las muestras superficiales presentaron los valores de OD más altos, sin embargo, el rango de 4.70 a 9.90 m de profundidad es el que tiene las lecturas más altas de OD, llegando hasta 5.90 ml/L. Los valores de turbidez se encuentran en el rango de 0.08 a 1.19 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) encontrándose los valores más altos en las muestras de fondo. Ambos parámetros se encuentran dentro de los rangos internacionalmente aceptados en la bibliografía para el Golfo de México.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales, los rangos registrados estuvieron entre los 18.00 a los 168.00 mg/L. Con relación a los hidrocarburos totales del petróleo, los Hidrocarburos Aromáticos de Petróleo (HAP) y los Hidrocarburos monoaromáticos volátiles (BTEX) no se detectaron concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio a excepción de la muestra B7-JM, la cual presentó una concentración de HTP-FM = 0.57 mg/L.

Los Nutrientes encontrados en el agua de mar en el Área Contractual 7 se evaluaron los siguientes: Amonio ( $\text{NH}_4$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), Silicatos-Sílice (Si), En el Área Contractual 7 se detectaron concentraciones de amonio en un rango de 0.030 a 0.680 mg/L; nitritos en un rango de 0.100 a 0.270 mg/L; nitratos un rango 0.100 a 2.890 mg/L, estos valores están por debajo del criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (nitratos = 200.00 mg/L) el agua marina presenta una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. En el Área Contractual 7 sólo se detectó sílice en una muestra, con un valor de 1.80 mg/L en la muestra B7-JM

Para evaluar los Nutrientes encontrados en el Área Contractual 7 se evaluaron los siguientes: Amonio ( $\text{NH}_4$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), Fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), Silicatos-Sílice (Si). Se detectaron concentraciones de amonio en un rango de 0.030 a 0.680 mg/L; nitritos en un rango de 0.100 a 0.270 mg/L; nitratos un rango 0.100 a 2.890 mg/L, estos valores están por debajo del criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (nitratos = 200.00 mg/L) el agua marina presenta una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. Sólo se detectó sílice en la muestra B7-JM, con un valor de 1.80 mg/L.

Con respecto a los metales evaluados; el comportamiento general de las concentraciones totales de metales pesados presentes en el sedimento marino del





Área Contractual 7, se pudo resumir en siguiente: Fe>Mn>Cu>Zn, Ba, Li, Va>Ni>Pb>Hg.

Las propiedades físicas evaluadas en el Área Contractual 7 para este estudio fueron las siguientes: Granulometría, y Materia orgánica (MO) de dichos análisis se encontraron los siguientes resultados: el fondo marino tuvo una batimetría heterogénea, con un rango de 60 a 315 m de profundidad. A pesar de esta diferencia, se encontró que en general el fondo marino es franco arenoso con porcentajes de arena entre 53.32 y 69.32 %. Únicamente el sedimento del punto B7-I es de tipo franco limoso; la materia orgánica se detectó en un rango de 1.00 a 1.92%.

Como parte de las propiedades químicas evaluadas para el Área Contractual 7, se evaluaron la capacidad REDOX y el Carbono Orgánico Total. Para este último reportaron concentraciones en el intervalo de 0.514 a 1.208%, mientras que para la capacidad REDOX se reportaron valores de potencial redox en un rango de 411.60 a 432.73 mV, lo cual significa que el ambiente favorece las reacciones de oxidación

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria se registraron 3 especies de peces: “dragón” *Caulolatlus microps*, “iguana” *Synodus* sp. y “rotula” *Brotula barbata*, pertenecientes a las familias taxonómicas Brotulidae, Malacanthidae y Synodontidae.

Con respecto a las aves marinas se determinó en 14 avistamientos efectivos un total de 66 individuos correspondientes a 7 especies. La especie con mayor número de registros fue el salteador robusto o *Stercorarius pomarinus*.

En cuanto a Mamíferos marinos encontrados en la zona, del Área Contractual 7 se identificaron dos especies de delfines delfín manchado pantropical o delfín moteado *Stenella Aenuata* y la tonina o delfín pico de botella *Tursiops truncatus*. Este bajo avistamiento de delfines permite concluir que la diversidad de mamíferos marinos es baja en el Área Contractual 7.

Con relación a las tortugas marinas, en el Golfo de México, las fuentes bibliográficas, INE-SEMARNAT (2004), indican la presencia de diversas especies de tortugas marinas, algunas de las cuales reproducen en sus playas, tal es el caso de las especies de tortugas que desovan en el estado de Veracruz y Tabasco: la lora (*Lepidochelys kempii*), la blanca (*Chelonia mydas*), la carey (*Eretmochelys imbricata*), la caguama (*Caretta caretta*) y la laúd (*Dermochelys coriacea*); sin embargo durante el trabajo de campo no se avistaron tortugas marinas en el Área Contractual 7.

Una vez habiendo revisado la información obtenida para el sitio de estudio se puede concluir que en su mayoría los parámetros evaluados se encuentran dentro



de los rangos esperados de acuerdo a la bibliografía; así mismo los esfuerzos de avistamiento de fauna permitieron encontrar la presencia de una reducida lista de organismos que se encuentran frecuentando el área de estudio.

No obstante, cabe señalar que mediante análisis exhaustivos de las muestras tomadas en el área, fue posible registrar presencia de compuestos que evidencian influencia antrópica anormal a las condiciones naturales. Tal es el caso de la presencia de metales tales como el hierro, cobalto y vanadio en la columna de agua. De igual manera, en sedimento fue posible registrar concentraciones de cadmio, níquel y cobre en concentraciones superiores al TEL; y detecciones de zinc, plomo, mercurio, vanadio, bario, litio y manganeso. La presencia de estos metales está ligada tanto a descargas continentales, provenientes posiblemente de las aportaciones industriales del río Grijalva y Tonala, como a las actividades petroleras (especialmente el vanadio está ligado a estas actividades) cercanas a la zona.

Por tanto, es necesario considerar las fuentes de estos potenciales efectos y los posibles daños ambientales asociados.

Durante la realización de los estudios, se reportó por parte de los pescadores la reducción al recurso pesquero. Si bien es difícil determinar si dichos efectos son ocasionados por actividades industriales, zonas de restricción, descargas o sobre explotación por parte de los pescadores, es también necesario tomarlo en cuenta como una situación presente en el área. Adicionalmente, durante la revisión bibliográfica y durante las actividades de campo, se obtuvieron registros de actividades de exploración sísmica en el área, lo cual tiene un efecto directo sobre la ubicación de cardúmenes y por ende, del desplazamiento de la actividad pesquera.

Finalmente es posible decir que la calidad ambiental en la zona se encuentra, en general, dentro de los parámetros reportados en la bibliografía, sin embargo, existe una clara alteración antrópica, que si bien no llega a ser significativa en ninguno de los casos, ni a sustentar una alteración directa debido a un sector económico específico, si debe de ser tomada en cuenta tanto como un antecedente a las actividades a realizarse en el Área Contractual 7, como en las medidas de manejo y mitigación ambiental que sean establecidas.



## 6.8. Registro y descripción de daños ambientales

En esta sección se presentan los componentes y factores ambientales que sobre la base de la información analizada en los apartados anteriores, han sido identificados como afectados por alguna actividad antropogénica pasada o presente, haciendo énfasis en las derivadas de la industria de petróleo y gas.

### 6.8.1 *Identificación de los daños ambientales*

Los daños ambientales se han dividido de acuerdo a la causa que originó esas afectaciones y posteriormente se catalogaron de acuerdo al factor que están alterando. Se identificaron cinco causas principales de daños ambientales las cuales son:

1. Descarga de aguas continentales
2. Industria petrolera: actividades relacionadas directamente con la industria del hidrocarburo sin incluir actividades de investigación
3. Actividades antropogénicas: son aquellas que pueden o no estar derivadas de la industria petrolera.
4. Presencia de desechos marinos
5. Sobreexplotación del recurso pesquero

Los factores alterados que se identificaron son los siguientes:

Medio abiótico:

- Columna de agua;
- Sedimentos

Medio biótico:

- Fitoplancton;
- Zooplancton;
- Bentos;
- Ictiofauna;
- Mamíferos marinos;
- Tortugas marinas



Factores sociales:

- Pesca

6.8.2

### *Valor del daño ambiental*

Habiendo identificado los daños o impactos ambientales se valorizó cada uno de ellos de acuerdo a su magnitud e incidencia.

La magnitud será la cantidad y calidad del factor modificado en relación con el área de estudio.

La incidencia se refiere a la severidad, la cual es el grado y forma de la alteración; la cual está definida por la intensidad y por una serie de atributos de tipo cualitativo que caracterizan dicha alteración.

El signo del efecto alude al carácter beneficioso (expresado como +), perjudicial (expresado como -) o difícil de calificar sin mayores estudios (expresado como x), de cada una de las acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

- Intensidad (It), grado de incidencia de la alteración.
- Extensión o escala (Ex), área de influencia del efecto en relación con el entorno considerado.
- Inmediatez (In), dependencia directa de una acción o indirecta a través de un efecto.
- Acumulación (Ac), incremento continuo de la gravedad cuando se prolonga la acción que lo genera.
- Sinergia (Si), reforzamiento de efectos simples, se produce cuando la coexistencia de varios efectos simples produce un efecto superior a su suma simple.
- Momento (Mo), lapso de tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del efecto.
- Persistencia (Pe), tiempo de permanencia del efecto.
- Regularidad (Rg), manifestación de forma regular, predecible, por tanto, o impredecible.





- Reversibilidad (Re) o posibilidad de ser asimilado por el medio, de tal manera que este, por sí solo, es capaz de recuperar las condiciones iniciales una vez producido el efecto.
- Recuperabilidad (Rc), posibilidad de recuperación mediante intervención externa
- Continuidad (Co), manifestación de forma constante en el tiempo.
- Periodicidad (Pr), manifestación de forma cíclica o recurrente en el tiempo.

Para determinar el índice de incidencia primero se caracterizan los atributos de manera formal, asignando un código o valor numérico a cada atributo, acotado entre un valor máximo para la más desfavorable (3) y uno mínimo para la más favorable (1) Tabla 6.33.

La expresión de incidencia consiste en la suma ponderada de los códigos de cada atributo, considerando la siguiente expresión:

$$\text{Incidencia (I)} = \text{It} + \text{Ex} + \text{In} + \text{Ac} + \text{Si} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Rg} + \text{Re} + \text{Rc} + \text{Co} + \text{Pr}$$

En la tabla siguiente se asigna el código (valor) a cada atributo de los daños ambientales:

*Tabla 6.33 Determinación de códigos de atributos de daños ambientales*

Atributo	Características de los atributos	Código
Signo del efecto	Benéfico	+
	Perjudicial	-
	Difícil de calificar sin estudiar	x
Intensidad (It)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Inmediatez (In)	Indirecto	1
	Directo	3
Acumulación (Ac)	Simple	1
	Acumulativo	3
Sinergia (Si)	Leve	1
	Media	2
	Fuerte	3
Momento (Mo)	Largo plazo	1



Atributo	Características de los atributos	Código
	Medio	2
	Corto	3
Persistencia (Pe)	Temporal	1
	Permanente	3
Regularidad (Rg)	Regular	1
	Predecible	2
	Impredecible	3
Reversibilidad (Re)	A corto plazo	1
	A medio plazo	2
	A largo plazo o no reversible	3
Recuperabilidad (Rc)	Fácil	1
	Media	2
	Difícil	3
Continuidad (Co)	Discontinuo	1
	Continuo	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	3

*Fuente: ASEA 2015.*

Posterior a la valoración de los atributos se calcula el índice de incidencia, estandarizando la misma en un rango de 0 a 1, utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Índice de Incidencia} = (I - I_{\text{mínima}}) / (I_{\text{máxima}} - I_{\text{mínima}})$$

Siendo:

$I$  = El valor de la incidencia obtenido por un impacto o daño

$I_{\text{máxima}}$  = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestarán con el mayor valor.

$I_{\text{mínima}}$  = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestarán con el menor valor.

La evaluación de daños ambientales culmina con la asignación de categorías, de acuerdo a la significancia que estos representen para los factores ambientales, previos a la valoración cualitativa de cada atributo Tabla 6.34.



Tabla 6.34 Categoría de significancia de daños ambientales

Categoría	Interpretación	Intervalo de valores	
No relevante	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes y factores que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a	0.34
Moderadamente relevante	Se afectan componentes y factores sin poner en riesgo los procesos o estructuras de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34	0.66
Relevante	Se pueden generar alteraciones en los componentes y factores que afectaron el funcionamiento o estructura de los ecosistemas.	Mayor a	0.66

Fuente: ASEA 2015.

Habiendo establecido lo anterior se construyó la matriz donde se presentan los resultados de la valorización de los impactos ambientales (Tabla 6.35).

Cada daño esta relacionado a un código el cual fue construido utilizando las primeras letras de cada origen del daño, seguido por el componente al que afecta y factor; lo anterior con el fin de ubicarlo en la matriz y en la descripción.

Ejemplo:

Daño ambiental: ACD Disminución en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales

A= Abiótico

C= Columna de agua

D= Descarga de aguas continentales



Tabla 6.35 Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 7

Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /∞)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
Descarga de aguas continentales	Columna de agua	ACD	Disminución en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales	-	2	3	1	3	1	2	3	1	1	1	3	3	24	0.50	Moderadamente relevante
	Fitoplancton	FFD	Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton en la línea costera por descargas de aguas continentales	-	3	3	1	2	2	1	1	3	1	2	1	1	21	0.38	Moderadamente relevante
	Bentos	FBD	Variaciones en la población de bentos por descargas de aguas continentales	-	3	1	3	1	2	1	1	2	1	2	1	3	21	0.38	Moderadamente relevante
	Ictiofauna	FND	Variaciones en las poblaciones de ictiofauna por descargas de aguas continentales	-	2	2	1	3	1	2	2	1	2	2	3	2	23	0.46	Moderadamente relevante
Industria petrolera	Columna de agua	ACP	Disminución en la calidad de agua de mar derivado de la industria petrolera	-	2	2	3	3	2	2	1	2	3	2	2	1	25	0.54	Moderadamente relevante
	Sedimentos	SCP	Contaminación de los sedimentos por actividades petroleras	-	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	2	1	27	0.63	Moderadamente relevante





Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Fitoplancton	FFP	Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton por actividades petroleras	-	3	3	1	2	2	1	1	3	1	2	1	1	21	0.38	Moderadamente relevante
	Aves	FAP	Interferencia en la migración de las aves por infraestructura petrolera	-	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1	1	17	0.21	No relevante
	Pesca	PCP	Creación de zonas de restricción para la pesca	-	3	3	3	2	1	2	3	2	2	1	3	3	28	0.67	Relevante
	Pesca	PEP	Disminución en la captura de especies marinas con valor comercial por actividades petroleras	-	3	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	22	0.42	Moderadamente relevante
Actividades antropogénicas	Columna de agua	ACA	Disminución en la calidad del agua de mar por el vertido de lastre	-	2	2	1	3	2	2	3	2	2	2	1	3	25	0.54	Moderadamente relevante
	Ictioplancton	FIA	Mortalidad de organismos de ictioplancton por el tráfico marítimo	-	1	2	3	1	1	2	1	2	1	2	1	3	20	0.33	No relevante
	Tortugas marinas	FRA	Cambio en la distribución espacial de tortugas marinas derivado del tráfico marítimo	-	1	2	1	3	1	1	1	1	2	2	1	3	19	0.29	No relevante



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Sedimento	SCA	Re-suspensión de sedimentos por actividades antropogénicas	-	2	1	1	1	2	2	1	2	2	2	3	1	20	0.33	No relevante
	Fitoplancton	FFA	Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton por el movimiento sedimento	-	3	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	18	0.25	No relevante
	Zooplancton	FZA	Variaciones en la abundancia de poblaciones de zooplancton por actividades antropogénicas	-	3	2	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	18	0.25	No relevante
	Bentos	FBA	Variaciones en la población de bentos por trabajos de exploración geofísica y sísmica	-	1	1	3	1	1	3	1	2	1	1	1	1	17	0.21	No relevante
	Ictiofauna	FNA	Cambio en la distribución espacial de la ictiofauna por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas	-	1	2	1	3	2	1	1	2	1	2	1	1	18	0.25	No relevante
	Mamíferos marinos	FMA	Cambio en la distribución espacial de los mamíferos marinos por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas	-	1	2	3	3	2	1	1	2	1	2	1	1	20	0.33	No relevante



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Tortugas marinas	FRA	Cambio en la distribución espacial de tortugas marinas por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas	-	1	2	3	3	2	1	1	2	1	2	1	1	20	0.33	No relevante
	Pesca	PCA	Modificación de las zonas de pesca por actividades antropogénicas	-	3	2	3	1	1	1	1	2	2	2	1	3	22	0.42	Moderadamente relevante
	Mamíferos marinos	MMA	Cambio en el comportamiento de los mamíferos marinos por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas	-	3	2	1	3	1	3	2	2	3	2	1	1	24	0.50	Moderadamente relevante
	Tortugas marinas	RTA	Cambio en el comportamiento de las tortugas marinas por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas	-	3	2	1	3	1	3	2	2	3	2	1	1	24	0.50	Moderadamente relevante
	Tortugas marinas	FTA	Mortalidad de tortugas marinas por pesca incidental	-	2	1	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	20	0.33	No relevante
	Zona de pesca	ZPA	Restricciones a las zonas de pesca por proyectos sísmicos	-	1	2	3	1	1	2	1	1	2	2	3	3	22	0.42	Moderadamente relevante
Desechos marinos	Ictiofauna	FNB	Mortalidad de la ictiofauna por ingesta de desechos marinos	-	2	1	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	20	0.33	No relevante



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Mamíferos marinos	FMB	Mortalidad de mamíferos marinos por ingesta de desechos marinos	-	2	1	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	20	0.33	No relevante
	Tortugas marinas	FTB	Mortalidad de tortugas marinas por ingesta de desechos marinos	-	2	1	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	20	0.33	No relevante
Sobreexplotación del recurso pesquero	Pesca	FNE	Variaciones en las poblaciones de ictiofauna por sobreexplotación del recurso pesquero	-	2	3	3	1	2	1	1	2	1	3	1	1	21	0.38	Moderadamente relevante

En los atributos presentados 3 es el valor máximo lo que representa una característica desfavorable y 1 es el valor mínimo siendo este lo menos desfavorable para cada atributo. La suma del conjunto de atributos corresponde a la Incidencia (I); posteriormente se obtiene el índice de incidencia el cual arroja un valor y con el cual se determina la categoría de significancia de los impactos ambientales evaluados. Las categorías son: no relevante (< a 0.33), moderadamente relevante (0.34- 0.66), relevante (> a 0.66).





### 6.8.3 *Descripción de los daños ambientales*

De acuerdo al origen, al daño y a la categoría del impacto se presenta a continuación la descripción de aquellos daños que resultaron con categoría Moderadamente Relevante y Relevante.

#### 6.8.3.1 *Daños ambientales originados por la descarga de aguas continentales al Golfo de México*

El Área Contractual 7 se encuentra frente a los Ríos Tonalá y Grijalva. El primero con un aporte al Golfo de México de 9, 955 m<sup>3</sup> de agua al año y el segundo con un aporte de 101, 517 m<sup>3</sup> de agua al año, es el Río con el mayor aporte de agua hacia el Golfo de México. El Grijalva nace en Guatemala y después pasa por los estados de Chiapas y Tabasco. En una parte de su recorrido el Grijalva se bifurca en el río Samaria desembocando en la Barra de Chiltepec hacia el Golfo de México y la otra parte del Río Grijalva después de recibir la aportación del Usumacinta desemboca en la barra de Frontera. Ambas desembocaduras se encuentran frente al Área Contractual 7. Las descargas municipales y no municipales del Grijalva presentan cantidades elevadas de contaminantes debido a la presencia de infraestructura petrolera y a accidentes derivados de estas. La zona donde desembocan el Samaria y el Grijalva son regiones con pozos petroleros y refinerías las cuales aportan contaminantes nocivos a estos ríos que finalmente desembocan en el mar. La demanda bioquímica de oxígeno del Río Tonalá la cual determinada la cantidad de materia orgánica biodegradable se encuentra dentro de los niveles aceptables, sin embargo la demanda química de oxígeno se encuentra en el nivel de “fuertemente contaminado”. Cuando alguno de los dos parámetros antes mencionados se encuentra elevado provoca una disminución en la cantidad de oxígeno disuelto disponible afectando el ecosistema (CONAGUA, 2011).

Afectaciones particulares:

ACD Disminución en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales.

- Los grandes aportes de contaminantes (Robles, 2012) provenientes del río provocan un incremento en la cantidad de nutrientes disponibles en la columna de agua, lo anterior tiene como consecuencia un aumento en la abundancia de ciertos microorganismos. Este aumento provoca la acumulación de partículas de materia orgánica lo que promueve el crecimiento microbiano y con esto un mayor consumo de oxígeno disuelto. El incremento en la presencia de microorganismos provoca que



---

la columna de agua aumente su turbidez afectando especialmente el fondo marino y los organismos fotosintéticos (Díaz & Rosenberg, 2008).

- Asimismo, la presencia de sustancias contaminantes, como plaguicidas (Heptacloro, Dieldrin, Endosulfan, entre otros), metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Cobre y Fierro), hidrocarburos (Acenafteno, Flouranteno, Naftaleno, entre otros) y metales traza (Bario, Vanadio, Manganeso, entre otros), derivado de las actividades antropogénicas como la extracción de hidrocarburos, pesca, tráfico marino, diversas industrias y desechos urbanos, entre las principales<sup>9</sup>, afectan la calidad del agua.
- Durante esta evaluación ambiental, los valores de turbidez se encontraron en el rango de 0.08 a 1.19 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT), encontrándose los valores más altos en las muestras de fondo. Las guías de calidad del agua de British Columbia, Canadá indican que la turbidez no debe exceder 8 UNT en 24 horas para que el agua sea adecuada para la vida acuática. Asimismo, no se encontraron concentraciones de materia orgánica en los sedimentos analizados en el Área Contractual.
- La columna de agua se encontraba en un estado oligotrófico al momento de la toma de las muestras; esto puede estar explicado dado que la ubicación de esta Área Contractual 7 se encuentra 60 km mar adentro, por lo que es factible que la influencia costera se vea reducida.
- Aunque no se detectaron concentraciones significativas de turbidez y oxígeno disuelto, este daño se categorizó como moderadamente relevante debido principalmente a que la descarga de aguas continentales es una actividad constante, sin embargo con una influencia costera reducida.

FFD Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton en la línea costera por descargas de aguas continentales.

El fitoplancton es altamente sensible a los contaminantes incluso en bajas concentraciones debido a la actividad fotosintética que realizan. Las descargas de aguas continentales principalmente las que contienen residuos agropecuarios provocan un aumento o disminución en la cantidad de ciertos nutrientes; esto a su vez afecta a las comunidades de fitoplancton produciendo variaciones en los números de individuos en las poblaciones (Díaz Flores, 1998) (García- Cuéllar,

---

<sup>9</sup> PEMEX, “Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional” “Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3”



---

Arreguín- Sánchez, Hernández, & Lluch- Cota, 2004). La proliferación excesiva de microalgas puede provocar afectación en la zona costera causando eventos de marea roja, así como eventuales condiciones de hipoxia o anoxia que terminan por afectar a los niveles tróficos inmediatos.

Las muestras analizadas para nutrientes indicaron lecturas de detección en todos los casos, pero en ninguno de ellos se encontraron por arriba de los límites de comparación. Por tanto este impacto puede considerarse moderadamente relevante, pues si bien no hubo excedencias, se registro en campo evidencias de los reportes de la literatura.

**FBD** Variaciones en la población de bentos por descargas de aguas continentales.

La mortalidad de organismos de ciertas especies bentónicas se debe a las condiciones de anoxia presentes en el agua. Sin embargo, la recuperación en la abundancia de poblaciones puede llevarse a cabo exitosamente en periodos no muy largos (Díaz & Rosenberg, 1995). Las afectaciones más severas se dan en la línea costera; y ya que este daño esta derivado de una actividad permanente, considera moderadamente relevante.

Durante la campaña se encontraron valores detectables para sólidos suspendidos y metales, potencialmente evidenciando impactos por arrastre desde aguas continentales o fuentes petroleras cercanas.

**FND** Variaciones en las poblaciones de ictiofauna por descargas de aguas continentales.

La anoxia causada por la proliferación de microorganismos en la columna de agua provoca estrés en los peces; así mismo esta falta de oxígeno disuelto en el agua causa que las poblaciones de algunas especies muy sensibles puedan presentar disminuciones en la abundancia por mortalidad (Díaz & Rosenberg, 2008). A pesar de que este daño afecta a especies muy sensibles a las cantidades de oxígeno disuelto disponible las descargas de aguas continentales es una acción permanente dándole a este daño la categoría de moderadamente relevante.

La abundancia de especies recolectadas durante la pesca embarcada fue escasa por lo que se puede constatar una baja riqueza pesquera en el área de estudio, sin embargo no es posible concluir si esto se debe a descargas continentales u otras causas.





### 6.8.3.2

#### *Daños ambientales y sociales originados por la industria petrolera*

- Las actividades petroleras como la exploración, explotación, desarrollo, refinación y petroquímica, así como los accidentes derivados de estas provocan la presencia de sustancias como HAPs, BTEX, COV, HC las cuales contaminan la columna de agua y son tóxicos para los organismos que viven en ella (Villanueva S. y Botello A., 1992). En las costas de Tabasco frente al Área Contractual 7 se encuentra el Puerto de Altura de Dos Bocas el cual cuenta con terminales especializadas para el abastecimiento de petróleo y sus derivados; tanques para el almacenamiento de asfaltos mesoamericanos; terminal para la fabricación y mantenimiento de plataformas petroleras; así como instalaciones para el suministro de combustible y asfalto; plantas de fluidos de perforación, planta de lodos y de nitrógeno (SCT, 2012). Así mismo cuenta con el Parque Industrial Petróleo en el que destacan algunos mechones que se mantienen encendidos las 24 horas del día.
- El Puerto de Frontera se utiliza principalmente para actividades relacionadas con el suministro a las plataformas de PEMEX en la Sonda de Campeche (APITAB, 2006).

#### Afectaciones particulares:

- ACP Disminución en la calidad de agua de mar derivado de la industria petrolera.
- La infraestructura antes descrita y las actividades que se llevan a cabo en ella contribuyen a la contaminación del agua de mar afectando negativamente la flora y fauna que habitan en esa zona. Sin embargo en los muestreos realizados dentro del Área Contractual 7 no se detectó la presencia de hidrocarburos a excepción de una muestra la cual presenta una concentración de HTP-FM mayor a lo establecido por la UNESCO, 1976. En cuanto a metales, ninguna de las muestras analizadas detectaron metales por arriba del nivel de cuantificación del laboratorio. El daño provocado por la industria petrolera es directo, sin embargo debido a que los contaminantes en la columna de agua tienen una persistencia temporal se catalogó este tipo de contaminación como moderadamente relevante para el medio biótico.
- Durante la campaña no se observaron evidencias visuales u olfativas de contaminación, sin embargo si se registró detección de hidrocarburos





fracción media en una de las muestras ubicada a mitad de la columna de agua. Si bien el análisis indica un impacto, no es posible concluir sobre el mismo, ya que en la zona no hay instalaciones preexistentes reportadas en la información revisada y proporcionada, así como tampoco chapopoterías naturales que puedan explicar el fenómeno. Tampoco es posible atribuir el efecto a las descargas de los ríos Grijalva y Tonalá, debido a la distancia que guardan con el área de estudio.

#### **SCP Contaminación de los sedimentos por actividades petroleras.**

Los resultados de las muestras de sedimento obtenidas en el Área Contractual 7 no mostraron HTP, HAP ni BTEX en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Sin embargo, se encontró presencia de metales en todos los sedimentos analizados especialmente de metales como cobre y níquel por arriba del límite TEL, y una sola muestra detectó níquel por arriba del límite PEL de la NOAA. El valor TEL hace referencia al nivel de efecto umbral, el cual representa la concentración por debajo del cual se espera que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no representen una amenaza potencial. El valor superior o PEL, referido como el nivel de efecto probable, define el nivel por encima del cual se esperarían la ocurrencia de efectos adversos de manera frecuente. Sin embargo, dado que solamente se detectó en un punto de muestreo, no se considera como significativo.

La dinámica de las corrientes marinas en esta región así como la remoción rápida de los contaminantes en el sedimento fueron aspectos considerados para la valorización de los atributos usados para este daño otorgándole la categoría de moderadamente relevante.

#### **FFP Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton por actividades petroleras.**

Las actividades petroleras así como la infraestructura necesaria para la realización de éstas también afectan a las poblaciones de fitoplancton. Los contaminantes emitidos por labores de movimiento de buques, vertimiento de residuos peligrosos o derrames de aceite crudo pueden contribuir a las variaciones en las poblaciones de fitoplancton. Especies de fitoplancton sensibles a ciertos contaminantes tienen variaciones en la tasa fotosintética lo que puede disminuir su población mientras que las especies tolerantes pueden proliferar. La época de



---

lluvias es el periodo en el que los cambios en las comunidades de microalgas se pueden notar más debido a que las corrientes arrastran a estos organismos junto con los contaminantes ubicándolos en los mismos sitios (Díaz Flores, 1998) (García- Cuéllar, Arreguín- Sánchez, Hernández, & Lluch- Cota, 2004). Una alteración en la producción primaria puede modificar la cantidad de alimento disponible para los consumidores por lo que este daño es igualmente moderadamente relevante.

**PCP/ PEP** Creación de zonas de restricción para la pesca y disminución en la captura de especies marinas con valor comercial por actividades petroleras.

La presencia de plataformas petroleras en la costa de Paraíso, Tabasco propició el establecimiento de zonas restringidas a ciertas actividades como la pesca o a la navegación. El área de prevención marítima consta de un radio de 12 millas náuticas a la redonda de la infraestructura en cuestión en donde están prohibidas las actividades de pesca y las embarcaciones pueden transitar por ahí únicamente para llegar a las áreas de pesca, este traslado debe ser constante e ininterrumpido. Las zonas de exclusión las cuales tienen un radio de 3 millas náuticas son las áreas en las que está prohibida cualquier actividad o tráfico marítimo.

De acuerdo con la información obtenida durante la pesca embarcada, es posible reportar que el establecimiento de estas restricciones para la pesca y navegación han afectado a los pescadores de la región ya que ellos reportan que muchas especies de peces con valor comercial se asocian a las plataformas petroleras ya que estas ofrecen refugio para algunas especies. La modificación de las zonas de pesca provoca disminución en el volumen de captura por lo que el daño es moderadamente relevante.

El ingreso económico de muchas familias en las comunidades costeras depende de los volúmenes de captura y de las especies que sean extraídas por lo que estos daños se categorizan como moderadamente relevantes.

**Daños ambientales y sociales derivados de actividades antropogénicas**

**ACA** Disminución en la calidad del agua de mar por el vertido de agua de lastre.

El Puerto de Dos Bocas es un puerto de Altura el cual desde 2011 ha abierto la ruta marítima Houston, EUA- Dos Bocas, Paraíso lo anterior ha incrementado considerablemente el tráfico marítimo en la zona y con esta la contaminación de la columna de agua. En el Puerto de Frontera, Tabasco el tráfico marítimo es



constante ya que este puerto se encuentra dentro de la principal ruta de tráfico marítimo entre el Puerto de Dos Bocas y el de Ciudad del Carmen.

Adicionalmente el Puerto de Frontera es la base de operaciones para la explotación del yacimiento petrolero Tsimin ubicado en la zona conocida como Litoral de Tabasco lo que ha incrementado el movimiento de embarcaciones (DIGAOHM, 2015). El Convenio Internacional para prevenir la Contaminación de los Buques MARPOL 73/78 permite el vertimiento de lastre cuando: la cantidad vertida no supere un 1/15,000 parte de la capacidad total de carga del petrolero, cuando la misma no exceda 60 l/milla navegada y que el vertimiento no se lleve a cabo en menos de 50 millas náuticas de la costa más cercana.

Ya que el tráfico marítimo es una actividad permanente el vertido de agua de lastre a la columna de agua también; dicho atributo influyó para que este daño ambiental se encuentre en la categoría de moderadamente relevante.

Cabe señalar que los contaminantes encontrados en alguna cantidad en el agua, no corresponden al vertido de agua de lastre o contaminación biológica, además de que el rastreo de estos es difícil debido a su degradabilidad. No obstante se registraron concentraciones de nutrientes y de metales.

**PCA** Modificación de las zonas de pesca por actividades antropogénicas.

Muchas de las especies con valor comercial como los peces de escama se alejan de las costas y se mueven mar adentro al percibir ruidos fuertes. Esto afecta de manera negativa la pesca ya que los sitios conocidos por los pescadores como áreas de captura se modifican, a pesar de que esta afectación se da únicamente en un momento determinado afecta negativamente la pesca artesanal por lo que el daño es moderadamente relevante.

**MMA/RTA** Cambio en el comportamiento de los mamíferos y de las tortugas marinas por el aumento de ruido derivado de actividades antropogénicas.

Las ondas acústicas tienen diferentes impactos en la conducta en los mamíferos marinos y en los reptiles (Hernández, 2010) de acuerdo a la cercanía a la que estos se encuentren de la fuente de ruido. El ruido repentino y potente de los pistones neumáticos provoca que los organismos cercanos a la explosión se aturdan y cambien la dirección y velocidad de nado (Metzler, Rivas, Sealy, & Snyder, 2015); alteren la duración de la inmersión, el intervalo y la duración de las salidas a la superficie (Hatch, Ford, Wilcock, & Jessen, 2009). En el caso específico de los mamíferos marinos el ruido puede interferir su capacidad de escuchar o ser escuchados por otros individuos de la población. Esta interferencia puede repercutir en el proceso para identificar parejas potenciales, comunicar la





---

presencia de fuentes de alimento o alertar sobre la presencia de depredadores (Metzler, Rivas, Sealy, & Snyder, 2015).

ZPA Restricciones a las zonas de pesca por proyectos sísmicos.

Actualmente se encuentran trabajando frente a las costas de Tabasco diversas embarcaciones en proyectos de exploración por lo que la Coordinación de Marina Mercante a través de los derroteros meteorológicos publicados diariamente notifican a las embarcaciones menores sobre los puntos donde la navegación y pesca se deberán suspender a raíz de los estudios antes mencionados. Las zonas de pesca artesanal para los pescadores de las costas cercanas al Área Contractual 7 van desde la Barra de Tonalá hasta la Barra de Frontera, Tabasco por lo que la actividad pesquera se ve negativamente impactada al tener que cambiar las zonas de pesca que ya se tienen seleccionadas (Hernández, 2010). Por la afectación temporal de este daño a la industria pesquera, este impacto es moderadamente relevante.

Durante las actividades de la campaña de campo, fue posible observar un buque de inspección sísmica en la zona, lo que constata la presencia de esta fuente generadora de impactos sobre la abundancia de mamíferos y peces de manera general.

### 6.8.3.3 *Sobreexplotación del recurso pesquero*

FNE Variaciones en la población por sobreexplotación del recurso pesquero.

La captura de organismos a través de la pesca artesanal representa aproximadamente el 85% del total de capturas reportadas en la industria pesquera. Debido a la sobreexplotación de los recursos pesqueros, las poblaciones de ciertas especies de peces se han visto comprometidas al punto de catalogarse como especies en deterioro. Las especies más representativas que han caído en esta categoría y las cuales son altamente capturadas en zonas aledañas al Área Contractual 7 son el huachinango, cuyo valor comercial es de los más altos dentro de los peces de escama del Golfo de México; y la lisa, especie la cual ha sufrido un descenso en su captura del 70% (SAGARPA, 2012). La recuperación de una población afectada por la sobreexplotación requiere de control en la extracción de sus individuos cuidando especialmente la captura de hembras o juveniles además de que en el sector pesquero la baja en la abundancia de especies con alto valor comercial puede traer importantes consecuencias económicas motivos por los cuales este daño es moderadamente relevante en el medio.





#### 6.8.3.4

##### *Conclusiones*

Las descargas de aguas continentales y la actividad de la industria petrolera de acuerdo a la valoración de los daños ambientales realizada causan en su mayoría daños moderadamente relevantes y uno relevante en el medio biótico, abiótico y social.

El daño relevante identificado es la creación de zonas de restricción para la pesca causadas por la existencia de plataformas petroleras en las áreas que los pescadores rivereros utilizaban para la captura de peces con valor comercial. La repercusión en el sector pesquero ha alcanzado un nivel alto especialmente en la economía del pescador debido a que los volúmenes de captura han bajado. Diversas sociedades cooperativas de la región así como permisionarios se han manifestado en contra de estas zonas de restricción logrando obtener apoyos económicos o en especie (vales de gasolina, embarcaciones y artes de pesca).



## 6.9. Registro y descripción de daños preexistentes (pasivos ambientales)

De acuerdo con el CONTRATO PARA LA EXPLORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS BAJO LA MODALIDAD DE PRODUCCIÓN COMPARTIDA, licitación CNH-R01-L01/2014, cláusula 3.4 artículos d) y f):

- (d) El Contratista deberá iniciar los estudios que permitan la identificación, caracterización y predicción de los pasivos ambientales mediante la contratación de un tercero acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación previa autorización de la CNH, con la finalidad de establecer la línea de base ambiental previo al inicio de las Actividades Petroleras. El Estado vigilará que el contratista o asignatario que estuviera a cargo del Área Contractual con anterioridad a la Fecha Efectiva asuma los gastos relacionados con la liquidación, limpieza y remediación de los pasivos ambientales preexistentes;
- (f) Al término de la Etapa de Transición de Arranque, el Contratista asumirá total responsabilidad sobre el Área Contractual y sobre los Pozos y Materiales que en ella se encuentren, salvo por aquellos pasivos que hayan sido identificados.

En cumplimiento a lo anterior, este capítulo presenta una descripción de la infraestructura preexistente en el Área Contractual 7 así como un análisis de las condiciones del agua y sedimento en base a las observaciones en campo y a los resultados de laboratorio con el fin de determinar si existe algún daño preexistente (pasivo ambiental).

### 6.9.1 *Infraestructura pre-existente*

De acuerdo con el oficio de fecha 3 de diciembre de 2016 enviado a la CNH por Talos Energy, se notifica a CNH que en base a los documentos proporcionados por CNH no se tiene información de la existencia de pozos y materiales en el área contractual (ver Anexo 6.1).

De acuerdo con Mendoza Quintero-Mármol, A., Herrera Rodríguez, M. y Olguín Pascualli, G (2003)<sup>10</sup>, el área principal de plataformas petroleras marinas se ubica

---

<sup>10</sup> Arturo Mendoza Quintero-Mármol, Miguel Herrera Rodríguez y Gabriel Olguín Pascualli, 2003, Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México (<http://etzna.uacam.mx/epomex/pdf/mancos/cap43.pdf>)



80 km al noroeste de Cd. del Carmen, Campeche es una zona abierta con 30-80 m de profundidad, esto es, hacia el sureste del Área Contractual 7.

#### 6.9.2

##### *Información de las condiciones ambientales históricas*

De acuerdo con Mendoza Quintero-Mármol, A., Herrera Rodríguez, M. y Olguín Pascualli, G (2003), en las instalaciones marinas de PEMEX Exploración y Producción (PEP), existen 136 descargas de aguas residuales registradas ante la Comisión Nacional del Agua (CNA); la mayor parte de ellas son aguas negras y de rechazo que provienen de los servicios de hotelería para el personal a bordo de plataformas, representando aproximadamente un 83% del volumen total. Un 38.5% de éste corresponde al agua de rechazo de las plantas potabilizadoras, donde sólo se concentra la salinidad del agua marina por un proceso de ósmosis inversa para la producción de agua potable. El 17% restante, son aguas aceitosas provenientes de limpieza y mantenimientos de equipos, y aguas amargas por condensación durante el endulzamiento del gas. Las aguas negras, aceitosas y amargas son conducidas a plantas de tratamiento para eliminar la materia orgánica y los principales contaminantes antes de ser descargados al medio.

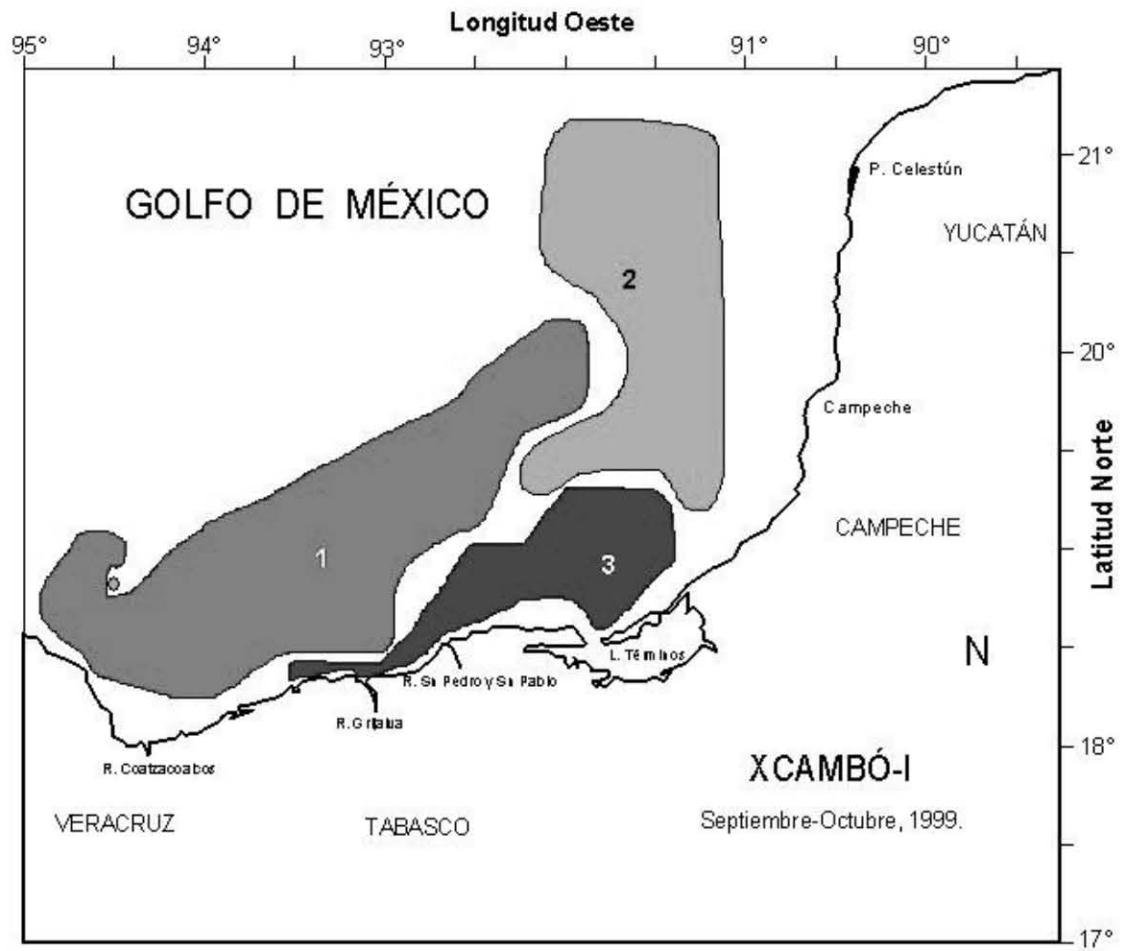
Una descarga adicional es la del agua de formación que proviene del proceso de deshidratación del aceite crudo, el cual sólo se realiza en las instalaciones de la Terminal Marítima Dos Bocas, con un volumen estimado de 6,000 m<sup>3</sup>/año (IMP *et al.*, 2002<sup>11</sup>). Esta agua es tratada y en su mayoría se reinyecta al subsuelo a través de pozos no productivos.

Con base en la información de estudios realizados a partir de 1996 sobre los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua, se identifican tres zonas bien diferenciadas que influyen en el comportamiento general del ecosistema marino en el área (Sonda de Campeche y Plataforma de Yucatán): La Zona 1 ubicada al nordeste del área de plataformas con las mayores temperaturas y salinidades; la Zona 2 cercana a las desembocaduras de los ríos Grijalva, San Pedro y San Pablo y de la Laguna Términos, con las menores salinidades; y la Zona 3 que agrupa sitios (estaciones de muestreo) de la parte noroeste y el centro del área estudiada, con salinidades intermedias.

El Área Contractual 7 se encuentra localizada dentro de la Zona 1 (Figura 6.43).

---

<sup>11</sup> IMP, Battelle, UNAM, UAM, 2002. Evaluación de Riesgo Ecológico e Impacto de las Operaciones Industriales (Análisis General). Marzo del 2002. 256 p.



Fuente: CINVESTAV, 2000.

Figura 6.43 Regionalización de aguas someras en la Sonda de Campeche

Con la información derivada de investigaciones realizadas en el periodo 1987-1999, se ha establecido una línea base de la calidad ambiental de la Sonda de Campeche en cuanto a sustancias contaminantes y se han comparado criterios internacionales.

En cuanto a las principales sustancias contaminantes comúnmente asociadas a la industria petrolera son los hidrocarburos y algunos metales pesados. La información histórica indica que en general las concentraciones de hidrocarburos disueltos en agua han sido bajas y se asocian principalmente a las descargas de los ríos de los estados de Campeche, Tabasco y Veracruz, así como al transporte





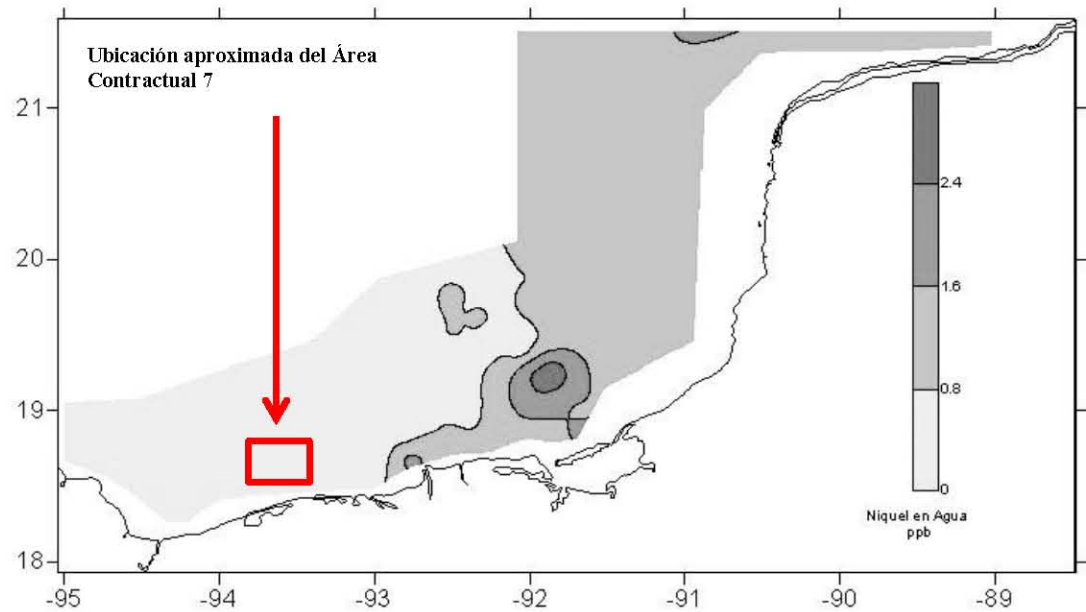
---

marítimo internacional a través del Canal de Yucatán. Estas concentraciones son comparables a las registradas en aguas costeras y oceánicas de otras latitudes.

En la campaña oceanográfica 2001 la mayor parte de las estaciones de muestreo presentaron concentraciones menores al límite de detección, sólo en el 20% de ellos se presentaron trazas de hidrocarburos. En la capa superficial su distribución fue preferentemente hacia el canal de Yucatán en tanto que en la capa profunda su distribución fue hacia Coatzacoalcos, Veracruz (UNAM, 2002). En la campaña oceanográfica del 2002 se registraron hidrocarburos disueltos en el 21% de las estaciones de monitoreo, concentrándose preferentemente frente a la desembocadura del Río Grijalva (0.06 mg/l), además de los sitios identificados como emanaciones naturales (UNAM, 2003).

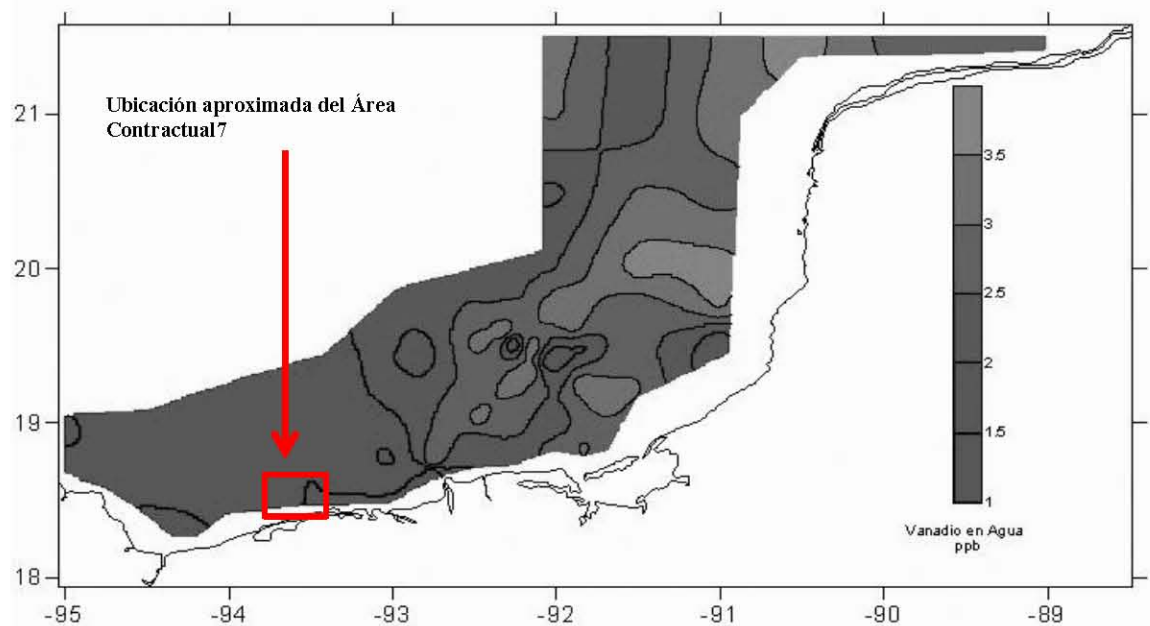
Con relación a los metales pesados disueltos en agua, los resultados de las últimas campañas oceanográficas realizadas en 2002 indican que tanto en la capa superficial como en la de fondo, las concentraciones son similares a las reportadas para otras regiones marinas y los niveles se encuentran dentro de los límites establecidos en los criterios ecológicos nacionales (UNAM, 2002).

El níquel y el vanadio son metales pesados que normalmente se asocian a las actividades petroleras, dadas sus altas concentraciones en la mayoría de los aceites crudos. Las concentraciones promedio de níquel han sido de 0.0008 y 0.0009 partes por millón (ppm), en tanto que para el vanadio, los valores promedio han sido de 0.0011 y 0.00234 ppm; en ambos con una amplia distribución en toda el área estudiada, con similar concentración en la capa superficial y en la de fondo (UNAM, 2002 y 2003). Las mayores concentraciones se asociaron a chapopoterías (emanaciones petroleras naturales), al área de plataformas petroleras y hacia el Canal de Yucatán; en el caso del níquel también se asoció con escurrimientos costeros del estado de Tabasco (Figura 6.44).



Fuente: Arturo Mendoza Quintero-Mármol, Miguel Herrera Rodríguez y Gabriel Olguín Pascualli, Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México.

Figura 6.44 Distribución espacial de níquel disuelto durante la campaña 2001.



Fuente: Arturo Mendoza Quintero-Mármol, Miguel Herrera Rodríguez y Gabriel Olguín Pascualli, Monitoreo Ambiental de la Actividad Petrolera en el Sur del Golfo de México.

Figura 6.45 Distribución espacial de vanadio disuelto durante la campaña 2001.



### 6.9.3

#### *Sedimento marino*

Dada la dinámica del medio marino, los sedimentos son utilizados internacionalmente como el registro más confiable para el análisis de contaminantes y la determinación de la calidad ambiental. Una comparación de las concentraciones del sedimento marino de la Sonda de Campeche con relación a la reportada en la región norteamericana del Golfo de México, mostró que la composición química de los sedimentos provenientes de ambas regiones no presentaban diferencias; tampoco se pudo identificar un patrón espacial que mostrara el impacto de las instalaciones petroleras.

Con relación a los metales pesados del sedimento, además del níquel y el vanadio se destaca el seguimiento sobre el bario y el cromo, relacionados con las actividades de perforación de pozos por el empleo que anteriormente se realizaba de barita y/o cromita. El análisis del periodo 1983-1999 estableció que el único metal que excedió los niveles de selección para la identificación de riesgos fue el níquel. Sin embargo, su origen no es diferenciado claramente entre emanaciones naturales, actividad petrolera y condiciones geológicas. En lo general los riesgos asociados a la presencia de metales se consideran bajos, aunque se recomendó la realización de pruebas toxicológicas para determinar con precisión el riesgo potencial (IMP *et al.*, 2002).

Existen evidencias sedimentarias de la influencia de las descargas continentales sobre la zona de plataformas. La presencia de lignina en diferentes Niveles de sedimento muestra una vinculación clara y continua con los aportes terrestres (UNAM, 2002). Esto también se ha observado a través de registros de plaguicidas y otros contaminantes asociados a actividades agropecuarias (CINVESTAV *et al.*, 2002). Con el objeto de determinar los cambios históricos en el registro de contaminantes en el sedimento, a partir del 2001 se han incluido análisis a tres profundidades, a fin de diferenciar impactos recientes (sedimentos superficiales) de prácticas anteriores (sedimentos profundos). Resultados han mostrado que para el caso del níquel existe una marcada reducción en los valores recientes, lo que se correlaciona con la mejora operativa y mejores prácticas actuales. En el caso del bario se observa un comportamiento similar.

La Figura 6.46 muestra la concentración promedio de hidrocarburos totales en la capa superficial de los sedimentos del Sur del Golfo de México en el periodo 1978-2002, en comparación con el criterio internacional establecido por la UNESCO





(1976) como límite para áreas no contaminadas (70 ppm). Los datos a partir de 1996 han sido generados directamente por el programa de monitoreo oceanográfico de PEP. La cobertura de estos cruceros fue regional. De acuerdo a los estudios más recientes los aportes de hidrocarburos muestran un descenso a partir de los años noventa (CINVESTAV, 2000; CINVESTAV *et al.*, 2002).

La concentración de los hidrocarburos totales alifáticos, se encuentra dispersa en toda el área de estudio, estableciendo múltiples fuentes. Por otra parte, la presencia de fracciones con peso molecular alto, confirma la presencia de aceite crudo en la zona proveniente de fuentes naturales (chapopoterías) o actividades de explotación petrolera. Al igual que para metales pesados, a partir del 2001 se incluye el análisis a diferentes niveles para analizar su comportamiento histórico.

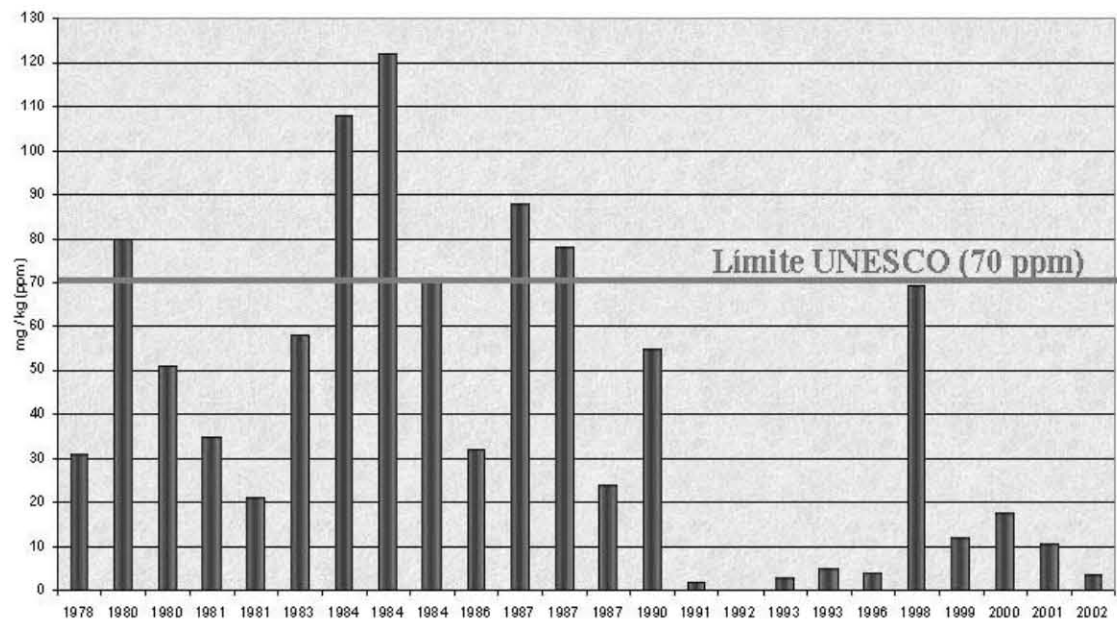


Figura 6.46 *Registro histórico de la concentración de hidrocarburos totales en sedimento en la región sur del Golfo de México*

Los impactos registrados a través del sedimento se restringen a áreas de influencia puntual, las referencias internacionales señalan que los efectos de alteración por plataformas se eliminan después de 100-200 m (Kennincut, 1994; Montagne, 2003). La escala actual de monitoreo ambiental no ha identificado efectos a nivel regional, con el objeto de verificar el caso puntual en la Sonda de Campeche se iniciaron trabajos de evaluación en 2003.





---

### *Resultados de la presente evaluación ambiental*

Durante la campaña de muestreo realizada de 1 al 3 de febrero de 2016, no se observaron evidencias visuales (manchas, grasa, etc.) ni olfativas de impacto por hidrocarburos en agua y sedimento marino en las áreas de muestreo.

Por otro lado, los resultados de los muestreos mostraron lo siguiente (*Tabla 6.2-2*):

#### Sedimento:

- Hidrocarburos: Ninguna de las muestras analizadas detectaron hidrocarburos por arriba del nivel de cuantificación del laboratorio tanto para HTP como para HAP.
- Metales:
  - Cobre: excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial, TEL) establecidos en la CEQG del CCME12 en todos los puntos de muestreo, detectándose concentraciones entre 35.39 y 64.84 mg/kg (TEL= 18.70 mg/kg).
  - Níquel: excedió el límite TEL establecido en la SQuiRTs de la NOAA en cuatro puntos de muestreo, detectándose concentraciones entre 25.00 y 38.35 mg/kg (TEL= 15.90 mg/kg). Adicionalmente la muestra B7-Gsed presentó valores superiores al Nivel de Efecto Probable (PEL = 42.80 mg/kg), siendo éste 45.78 mg/kg.
  - Cadmio: mediante el análisis por debajo de los límites de cuantificación se registraron concentraciones de cadmio que superan el límite TEL establecido en la CEQG del CCME7 (0.70 mg/kg) en concentraciones que van desde 0.96 a 1.13 mg/kg.
  - Otros metales detectados, pero en concentraciones por debajo de los criterios de comparación internacionales o que no tienen criterio de comparación, fueron: Mercurio, Zinc, Plomo, Vanadio, Bario, Litio y Manganeseo.

#### Agua:

- Hidrocarburos: No se detectaron HTP (FL, FM y FP) en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio, a excepción de

---

<sup>12</sup> CEQG del CCME = Guía Canadiense de Calidad Ambiental publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente



la muestra B7-JM, la cual presentó una concentración de HTP-FM = 0.57 mg/L. Esta concentración sobrepasa el límite establecido por la UNESCO en 1976 (HTP = 0.01 mg/L). No se detectaron HAP en ninguna de las muestras analizadas.

- Metales:
  - Cobalto: detecciones en 10 muestras analizadas (B7-GS, B7-HF, B7-HM, B7-HS, B7-IF, B7-IM, B7-IS, B7-JF, B7-JM, B7-JS y su duplicado), en un rango de 0.010 a 0.012 mg/L. Estos valores exceden el límite de exposición crónica de la NOAA.
  - Vanadio: detecciones en cuatro muestras (B7-FM, B7-GM, B7-GS y B7-HS) en un rango de 0.027 a 0.028 mg/L, estas concentraciones están por debajo de los límites de comparación internacionales.
  - El resto de los metales no fueron detectados por arriba del límite de cuantificación en las muestras de agua.
  
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): la concentración de SST se detectó entre 22 y 28 mg/L a nivel superficial, 22y 144 mg/L a nivel medio y entre 18 y 168 mg/L a nivel de fondo. No se identificó una tendencia específica entre los puntos de muestreo.
  
- Clorofila a: Ninguna de las muestras analizadas detectaron clorofila a.

#### 6.9.4

#### *Conclusión*

De acuerdo con la información proporcionada por la CNH a Talos, no existen infraestructuras petroleras en el Área Contractual 7. La información bibliográfica indica que la calidad del agua y sedimento en el Área Contractual 7 puede verse impactada por actividades antropogénicas derivadas de la presencia de plataformas petroleras ubicadas en la Sonda de Campeche hacia el sureste del área, así como potencial impacto de descargas continentales que llegan a esta zona a través de las corrientes marinas.

De acuerdo con la información primaria recolectada en la campaña oceanográfica, se registró la presencia de 0.57 mg/L de hidrocarburos fracción media, sobrepasando el límite establecido por la UNESCO para dichos compuestos. Cabe señalar que no se tiene registro en la zona de emanaciones frías o chapopoterías ni de instalaciones preexistentes, adicionalmente, solo se registró una muestra del total de muestras estudiadas. Por tanto, el resultado no es representativo y no



---

puede ser concluyente sobre la evidencia de daños preexistentes en la zona. Cabe señalar que durante los recorridos no se observó evidencia de hidrocarburos en la superficie marina.

Datos históricos indican concentraciones bajas (por debajo de criterios internacionales) tanto de metales como de hidrocarburos en los puntos de muestreo ubicados en el Área Contractual 7. Los resultados obtenidos en la campaña de muestreo de esta evaluación ambiental mostraron concentraciones por debajo de los criterios de comparación tanto de hidrocarburos como de metales en agua, mientras que en sedimento se detectaron cobre y níquel en todos los puntos de muestreo por arriba del Efecto en el Umbral (amenaza no potencial, TEL). En el caso del níquel, únicamente una muestra detectó concentraciones por arriba del Nivel de Efecto Probable (PEL) establecidos en la SQuiRTs de la NOAA.

Para el caso de la NOAA y la CCME, el valor más bajo o TEL, hace referencia al nivel de efecto umbral, el cual representa la concentración por debajo del cual se espera que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no representen una amenaza potencial. El valor superior o PEL, referido como el nivel de efecto probable, define el nivel por encima del cual se esperarían la ocurrencia de efectos adversos de manera frecuente. Sin embargo, dado que solamente se detectó en un punto de muestreo, no se considera como significativo.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, se concluye que no hay daños preexistentes ni pasivos ambientales en el Área Contractual 7.



Tabla 6.2-1 Resultados analíticos

Muestra	CEQG		SQuiRTs		B7-Fsed	B7-Gsed	B7-Hsed	B7-Ised	B7-Jsed	Dupli sed
Fecha de Muestreo	del CCME		de la NOAA		31/01/2016	01/02/2016	01/02/2016	01/02/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad	ISQG	PEL	TEL	PEL	315.0	205.0	60.0	93.0	130.0	130.0
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PARÁMETRO										
<i>Metales</i>										
Cobre	18.70	108.00	18.70	108.00	64.84	59.46	35.39	56.58	44.04	44.87
Níquel	-	-	15.90	42.80	38.35	45.78	28.42	25.00	35.52	37.46
Cadmio	0.70	4.20	0.68	4.21	1.13*	1.06*	1.03*	0.96*	1.05*	1.02*

Nota: Resultados únicamente de aquellos parámetros que excedieron algún criterio de comparación.

\* Concentración detectada con base en el límite de detección del laboratorio

VALOR	Los valores resaltados indican excedencias a los criterios de comparación CEQG del CCME
VALOR	Los valores resaltados indican excedencias a los criterios de comparación SQuiRTs de la NOAA





## 7. Referencias

- Acosta, L. 1976. Estudio de contaminación en el estuario del río Pánuco. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 157 pp.
- Aguilar-Aguilar, R. and R. Contreras-Medina. 2003. La distribución de los mamíferos marinos de México: un enfoque panbiogeográfico. In *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, J. Llorente-Bousquets and J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. p. 213-219.
- Aguilar-Castro, N.A. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California, 113 pp.
- Alamo, V., Valdivieso, M. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Segunda edición. IMARPE. Callao. Perú.
- Álvarez, R.U. 1983. Distribución de metales pesados en sedimentos del río Blanco, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 68 pp.
- Álvarez, R.U., Rosales, H.L., Carranza, E.A. 1986. Heavy metals in blanco river sediments, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13(2): 1-10.
- American Ornithologists' Union (AOU). 1998. Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D. C. 829 p.
- Aquino-Cruz, A., Hernández-Becerril, D.U., Signoret-Poillon, M., Salas-De-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A. 2013. Studies on picophytoplankton in the southern Gulf of Mexico: recognition of picoprokaryotes and abundances of picophytoplankton during "dry season". *Brazilian Journal of Oceanography*, 61(4): 265-276.
- Arriaga, L., Aguilar, V., Alcocer, J. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. CONABIO, México, D.F. Recuperado en diciembre de 2015, de CONABIO:  
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>
- Arriaga, L., Vázquez, E., González, C., Jiménez, R., Muñoz, L., Aguilar, S. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Recuperado en diciembre de 2015, de CONABIO:  
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>



- Arriola-Pizano, J.G. 2012. Estimación de la biomasa y composición del zooplancton en la región del cañón de Campeche. Tesis Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 68 pp.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1989. Decision guide for identifying substancespecific data needs related to toxicological profiles; Notice. Fed Regist 54(174): 37618-37634.
- Ayala-Castañares, A. Gutiérrez-Estrada, M. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 17: 163-190.
- Banse, K. & Hobson, K. 1974. Benthic errantiate polychaetes of British Columbia and Washington. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 185. Canada.
- Barbosa-Ledesma, I.F., Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A. 2000. New records for cidaroid echinoids (Echinodermata: Echinoidea) of the Gulf of Mexico, Mexico. Revista de Biología Tropical, 48(2-3): 721.
- Barrera E.G. 2006. Toxicidad de cromo y cadmio en ostión *Crassostrea virginica* de la laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 229 pp.
- Baumgartner, M. F.; K. D. Mullin, L. N. May and T. D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 99:219-239.
- Berlanga, H., Rodríguez, V. 2010. Las aves migratorias: A prueba de muros. Iniciativa para la conservación de las aves de América del Norte. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Betanzos, A., Capetillo, N., & Lopeztegui, A. (2011). Variaciones de la turbidez en aguas marinas costeras de la región norcentral de cuba . UNACAR Tecnociencia, 14- 26.
- Biggs, D. C.; R. R. Leben and J. G. Ortega-Ortiz. 2000. Ship and satellite studies of mesoscale circulation and sperm whale habitats in the northeast Gulf of Mexico during Gulf Celt II. Gulf of Mexico Science 18:15-22.
- Bildstein, K.L., Zalles, J. 2001. Raptor migration along the Mesoamerican land corridor, En: Bildstein, K.L., Klem Jr, D. (Eds.), Hawk watching in the Americas. Hawk Migration Association of North America, North Wales, Pensilvania, pp. 119-141.
- Blanco CG, Prego R, Azpíroz MDG, Domínguez Fernández (2006) Caracterización de hidrocarburos en sedimentos de la Ría de Laxe y su relación con el vertido del Prestige (no de la Península Ibérica). Ciencias Marinas, Vol 32, Número 02B: pp 429-437.
- Block, B.A., Dewar, H., Blackwell, S.B., Williams, T.D., Prince, E.D., Farwell, C.J. 2001. Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. Science, 293: 1310-1314.



- Botello, A.V. 1996. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. pp. 203-2010. En: Botello, A.V., Rojas-Galavis, J. L., Benítez, J. A., Zárate-Lomelí (Eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX. Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche, México, 666 pp.
- Botello, A.V., Páez-Osuna, F. 1986. El problema crucial: La contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos. Centro de Ecodesarrollo. Vol. I. México, 180 pp.
- Botello, A.V., Ponce, V.G., Macko, S.A. 1996. Niveles de concentración de hidrocarburos en el golfo de México, En: Botello, A.V., Rojas-Galavis, J.L., Benítez, J.A., Zárate-Lomelí, D. (Eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Serie Científica, 5, pp. 225-253.
- Bowie, A., Whitworth, D., Achterberg, E., Mantoura, R., Fauzi, C., Worsfold, P. 2002. Biogeochemistry of Fe and other trace elements (Al, Co, Ni) in the upper Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I*, 49: 605-636.
- Breit, G.N., Wanty, R.B. 1991. Vanadium accumulation in carbonaceous rocks: A review of geochemical controls during deposition and diagenesis. *Chemical Geology*, (91): 83-97.
- Brown, J., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J. (1989). *Seawater: its composition, properties and behaviour*. Oxford: The Open University.
- Bryan, G.W., Hummerstone, L.G. 1978. Heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* from contaminated and uncontaminated estuaries. *Journal Marine Biological Association, U.K.*, 58: 401-419.
- Bryant, W.R., Lugo, J. Cordova, C., Salvador, A. 1991. Physiography and bathymetry: The geology of North America, Vol. J: Geological Society of America, The geology of North America, pp. 13-30.
- Bullock, L.H., Smith, G.B. 1991. Seabasses (Pisces: Serranidae). *Memoirs of the Hourglass Cruises. Part II (Vol. 3)*. St. Petersburg, Florida: Florida Marine Research Institute Department of Natural Resources.
- Capel-Molina, J.J. 1980. La humedad relativa en los Estados Unidos Mexicanos. *Revista Paralelo*, 37(4): 175-190.
- Carranza, A., Gutiérrez, E.M., Rodríguez, T.R. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 2(1): 81-88.
- Caso, M., Pisanty, I., & Ezcurra, E. (2004). *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Mexico: INE- SEMARNAT.





- Caso, M.E. 1971. Contribución al conocimiento de los equinoideos de México. Estudio morfológico de *Brissopsis alta* Mortensen, erizo de profundidad. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, (1): 41-56.
- Castro-Aguirre J.L., Márquez-Espinoza, A. 1981. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de la isla de Lobos y zonas Adyacentes. Veracruz-México. *Dirección General del Instituto Nacional de Pesca*, 22: 1-85.
- Castro-Aguirre, J.L., Espinosa-Pérez, H.S., Schmitter-Soto, J.J. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. *Limusa, México*.
- Cavaliere, E.L. Rogan, E.G., Murray, W.J., Ramakrishna, N.V. 1993. Mechanistic aspects of Benzo(a)pyrene metabolism. Supplement to vol. 3 of *The J. Polycyclic Aromatic Compounds*, pp. 397-404. In: *Polycyclic Aromatic Compounds, Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological Effects, Proceedings of the 13th International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons*. Garrigues, P., Lamote, M. (Eds.). Gordon & Breach Science Publishers, Bordeaux, France, 1264 pp.
- Chase, B.C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fishery Bulletin*, 100: 168-180.
- Chávez E.A., J.W. Tunnell Jr., K. Withers. 2007. Reef Zonation and Ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank. Cap. 5, pp. 41-67. In: Tunnell Jr. J.W., E.A. Chávez & K. Withers (Ed.). *Coral Reef of the Southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press College Station, 194 pp.
- Chávez, E., Hidalgo, E., Sevilla, M.L. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del Arrecife de Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 211-280.
- Chirichigno, N. 1980. Lista de crustáceos del Perú (decapada y stomatopoda). IMARPE, informe No. 35. Callao. Perú.
- CICESE, 2015. Programa MAR V1.0. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Accedido: 21 de febrero de 2016. Obtenido de: <<https://hycom.org/data/goml0pt04/expt-20pt1>>.
- Cifuentes, J. L., Torres- García, P., & Frías, M. (2015). El océano y sus recursos III. Las Ciencias del Mar: Oceanografía Física, Matemáticas e Ingeniería. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/oceano.htm>





- CINVESTAV. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. 2000. Reporte del proyecto Evaluación Prospectiva para el Programa de Monitoreo Continuo del Efecto Ambiental de la Actividad Petrolera en el Golfo de México-Quinta Campaña Oceanográfica XCAMBO-1, CINVESTAV, Depto. de Recursos del Mar, Unidad Mérida.
- COFEPRIS – Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. 2014. Marea roja: Antecedentes en México.  
<http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Marea%20Roja/AntecedentesMexico.aspx>
- Collins, A.B. 2009. Preliminary assessment of the abundance and size distribution of Goliath Grouper *Epinephelus itajara* within a defined region of the Central Eastern Gulf of Mexico. Guadeloupe, French West Indies: Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute.
- Comisión Nacional de Area Naturales Protegidas. 2011. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: tortuga caguama, *Caretta caretta*. Dirección General de Operación Regional Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas. México.
- Comisión Nacional de Area Naturales Protegidas. 2013.  
[http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id\\_subcontenido=411](http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=411).
- CONABIO. 2004. Regionalización. Recuperado el 31 de mayo de 2014, de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad:  
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/regionalizacion.html>
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2010. Estadísticas del Agua en México (varios años). Recuperado en diciembre de 2015, de CONAGUA:  
[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=46](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=46)
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2011. Estadísticas del agua en México. Capítulo 2: Situación de los recursos hídricos, pp. 18-42.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2012. Atlas digital del agua México, Sistema Nacional de Información del Agua. Recuperado en diciembre de 2015 de CONAGUA: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/>
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2013. Indicadores de la calidad del agua. Recuperado en diciembre de 2015 de CONAGUA:  
<http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=63&n3=98&n4=98>
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2015. Ciclones, Información Histórica. Recuperado en diciembre de 2015 de CONAGUA:



---

[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=38&Itemid=102](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=102)

- CONAPESCA. 2008. Diagnóstico y Planificación Regional de la Pesca y Acuicultura en México. Programa Rector Nacional de Pesca y Acuicultura, 187 pp.
- Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES. 2015. Apéndice I, Apéndice II y Apéndice III.
- Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres- CMS. 2015. Apéndices I y Apéndice II.  
[http://www.cms.int/sites/default/files/007\\_Appendices\\_since\\_COP11\\_s.pdf](http://www.cms.int/sites/default/files/007_Appendices_since_COP11_s.pdf)
- Corriero, A., Karakulak, S., Santamaria, S., Deflorio, M., Spedicato, D., Addis, P. 2005. Size and age at sexual maturity of female bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L., 1758) from the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 483-486.
- D.O.F. 2000. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Reformada LGEEPA. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 7 de enero de 2000, México, D.F.
- Davis, R. W.; J. G. Ortega-Ortiz, C. A. Ribic, W. E. Evans, D. C. Biggs, P. H. Ressler, R. B. Cady, R. R. Leben, K. D. Mullin and B. Würsig. 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 49:121-142.
- De la Lanza Espino, G., Gómez Rojas, J.C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México, En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, D.F., pp. 103-132.
- Díaz Flores, R. (1998). Estudio de la influencia de algunos contaminantes en el fitoplancton de la region de plataformas petroleras del sur del Golfo de Mexico, frente a la sonda de Campeche y Tabasco . México: UNAM.
- Díaz, R., & Rosenberg, R. (1995). Marine Benthic Hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanic and marine biology*, 33, 245- 303.
- Díaz, R., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926- 929.
- Duck Unlimited Mexico - DUMAC. 2008. Estrategia para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Aves Acuáticas y su Hábitat en México.



- DUMAC. Ducks Unlimited de México. 1990. Áreas Lacustres de México. Plan Maestro Año 2000. DUMAC, 12(1): 4-12.
- Eayrs, S. (2007). FAO. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Guía para reducir la captura de fauna incidental (bycatch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical: <http://www.fao.org/docrep/015/a1008s/a1008s.pdf>
- Elias, R.; Bremec, C. S. y Vallarino, E. A. Polychaetes from a southwestern shallow shelf Atlantic area (Argentina, 38 S) affected by sewage discharge. *Rev. chil. hist. nat.*, set. 2001, vol.74, no.3, p.523-531.
- Elliott, B.A. 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Journal of Physical Oceanography*, 12: 1292-1309. American Meteorological Society. Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.
- Emerson, S.E., Husted, S.S. 1991. Ocean anoxia and the concentrations of molybdenum and vanadium in seawater. *Marine Chemistry*, (34): 177-196.
- EPA. (25 de Enero de 2016). National Recommended Water Quality Criteria . Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Aquatic Life Criteria Table: <http://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>
- EPA. (7 de Agosto de 2001). National Recommended Water Quality Criteria . Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Appendix 2: Summary of water Quality Guidelines for Turbidity, Suspended and Benthic Sediments : <http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/sediment-appendix2.pdf>
- Escobar-Briones, E. 2004. Estado del conocimiento de las comunidades bénticas en el golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra E. Diagnóstico ambiental del golfo de México, pp. 201-246.
- Espina, S., Vanegas, C. 2005. Ecotoxicología y contaminación, En: Botello, A.V., Rendón-von Osten, J., Gold-Bouchot, G., Agraz-Hernández, C. (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, segunda Ed. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, pp. 79-120.
- Esslemont, G. 2000. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71(3-4): 215-231.





- FAO. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1977. FAO species identification sheets, fishing area 31 (W. Cent. Atlantic), Roma, FAO.
- Fassbender, H., Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica, 420 pp.
- Fauchald, K. 1977. The Polychaete Worms, definitions and keys to the orders, familias and genera. Natural History Museum of Los Angeles County. Science series 28.
- Fishbase. (s.f.). Fishbase. Recuperado de [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)
- Flores-Coto, C., Sanvicente-Añorve, L., Pineda-López, R., Rodríguez-van Lier, M.A. 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica en el sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*, 5(9): 65-84.
- Frías-Torres, S. 2006. Habitat use of juvenile goliath grouper *Epinephelus itajara* in the Florida Keys, USA, *Endangered Species Research*, 2: 1-6.
- Froelich, N.P., Atwood, K.D., Giese, G.S. 1978. Influence of Amazon River discharge on surface salinity and dissolved silicate concentration in the Caribbean. *Deep Sea Research*, 25: 735-744.
- García- Cuéllar, J. Á., Arreguín- Sánchez, F., Hernández, S., & Lluch- Cota, D. (2004). Impacto ecológico de la industria petrolera en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividades: una revisión. *Interciencia*, 29, 311- 19.
- García, C.J.A. 2006. Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la sonda de Campeche. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México, 134 pp.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2Ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 146 pp.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García, N., J.A. 1988. Determinar la composición de la ictiofauna y sus relaciones tróficas representativas de la laguna del Ostión, Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana.





- García-Cagide, A.R., Claro, R., Koshelev, B.V. 1994. Reproducción. En: Claro, R. (Ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*. México: Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba, pp 187-262.
- García-Cubas, A., Escobar, F., Reguero, M. 1999. Gastrópodos marinos de la Península de Yucatán, México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 49: 127-146.
- García-Cuellar J. Ángel, Arreguín-Sanchez Francisco, Hernández Vázquez Sergio y Lluch-Cota Daniel B. (2004) Impacto Ecológico de la industria petrolera en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. *INTERCIENCIA*, Vol 29; N° 6.
- Garduño, E. 2012. Estudio químico de sedimentos costeros adyacentes a la desembocadura del río Papaloapan, Veracruz, México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 130 pp.
- GES DISC. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. 2003. NASA. USA. Recuperado en diciembre de 2015, de: <http://daac.gsfc.nasa.gov/>
- Gold Bouchot Gerardo (2004) Hidrocarburos en el sur del Golfo de México. *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, Vol 2: pp. 655-680.
- Gold-Bouchot, G., Simá-Alvarez, R., Zapata-Pérez, O., Guemez-Ricalde, J. 1995. Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the American Oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 31(4-42): 439-445.
- Gold-Bouchot, G., Zavala-Coral, M., Zapata-Pérez, O., Ceja-Moreno, V. 1997. Hydrocarbon Concentrations in Oysters (*Crassostrea virginica*) and Recent Sediments from Three Coastal Lagoons in Tabasco, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 59: 430-437.
- Gómez, V.A., Ramírez, M.F., Ochoa, E. 1995. Aspectos biológicos y ecológicos de la "almeja plana" *Isognomon alatus* (Gmelin) de la laguna de La Mancha, Veracruz, México. *Resúmenes XIII Congreso Nacional de Zoología*, Morelia, Michoacán, 44 pp.
- González-Medina, E. Jose A. Castillo-Guerrero, & Erick Mellink. 2009. Relación entre las características de los huevos y del sitio de anidación, con el éxito reproductivo de la gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*) en la isla el rancho, sinaloa durante la temporada 2007. *Ornitología Neotropical* 20: 553-564, 2009. © The Neotropical Ornithological Society
- González-Gándara, C., González-Sansón, G. 1997. Composición y abundancia de la Ictiofauna del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista de Investigación Marina*, 18(3): 249-258.



- González-Garza, B.I., Cuevas, E., Guzmán-Hernández, V., González-Díaz-Mirón, R., Abreu-Grobois, A., van Dam, R., Garduño-Andrade, M. 2008. Movimientos migratorios de tortugas adultas y juveniles de *Carey* (*Eretmochelys imbricata*) en el golfo y Caribe Mexicano. En: Guzmán, V., Cuevas, F.E., Abreu-G., F.A., González-G., B., García, A.P., Huerta, R.P. (Compiladores). Resultados de la reunión del grupo de trabajo de la tortuga de carey en el Atlántico mexicano. Memorias. CONANP/EPC/APFFLT/PNCTM/, 244 pp.
- González-Lozano María Cristina, Méndez-Rodríguez Lía C., López-Veneroni Diego G. y Vázquez-Botello Alfonso (2006) Evaluación de la contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México.
- Graham, R.T., Rhodes, K.L., Castellanos, D. 2009. Characterization of the goliath grouper *Epinephelus itajara* fishery of southern Belize for conservation planning. *Endangered Species Research*, 7: 195-204.
- Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1997a. The polychaetous annelids from oil platforms areas in the southeastern Gulf of Mexico: Phyllodocidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae y Pilargidae, with description of *Ophioglycera lyra*, a new species, and comments on *Goniada distorta* Moore and *Scoloplos texana* Maciolek & Holland. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 110(3): 457-470.
- Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1997b. The polychaetous annelids of the oil platform areas from the southeastern Gulf of Mexico: Orbiniidae and Cossuridae. *Bulletin of Marine Science*, 61(3): 549-557.
- Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1998. Les Spionidae (Annélides, Polychètes) de la zone des puits pétroliers de la région méridionale du Golfe du Mexique. *Vie Milieu*, 48(2): 111-119.
- Grimmer, G., Heinrich, U., Jacob, J., Dettbarn, G., Naujack. 1993. Differences in the phenanthrene metabolism of tumor-free and tumor-bearing rats. Supplement to Vol. 3 of *The J. Polycyclic Aromatic Compounds*. pp. 397-404. In: *Polycyclic Aromatic Compounds, Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological Effects*. Proceedings of the 13th International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Garrigues, P., Lamote, M. (Eds.). Gordon y Breach Sciences Publishers. Bordeaux, France, 1264 pp.
- Guerra-García, J. M. y Thiel, M. La fauna de caprelídeos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de las especies. *Rev. chil. hist. nat., dic.* 2001, vol.74, no.4, p.873-883.



- Guerrero Hernández, J. (2014). Atención de derrames de petróleo crudo en el Golfo de México. México: UNAM.
- Gutiérrez, D., García-Sáez, C., Lara, M., Padilla, C. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. En: Salazar-Vallejo S.I., González, N.E. (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, pp. 787-806.
- Guzmán, N. Saá, S. & Ortlieb, L. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23° S (Chile). Estudios Oceanológicos 17:17-86.
- Guzmán, V., Cuevas-Flores, E., Abreu-Grobois, A., González-Garza, B., García-Alvarado, P., Huerta-Rodríguez, R. (Comp.). 2008. Resultados de la reunión del grupo de trabajo de la tortuga de carey en el Atlántico mexicano. Memorias. CONANP, EPC, APFFLT, PNCTM, 244 pp.
- Hall, S.J., Basford, D.J., Robertson, M.R. 1990. The impact of hydraulic dredging for razor clams (*Ensis* sp.) on an infaunal community. Netherlands Journal of Sea Research, (27): 119-125.
- Hardy, J.D. 1978. Development of fishes of the Mid-Atlantic Bight. Three Volumes. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services.
- Hatch, L., Ford, J., Wilcock, W., & Jessen, S. (2009). Estudios sísmicos y AMPs: ¿cómo deben abordar los administradores la cuestión del ruido subacuático? Noticias Internacionales y Análisis sobre Áreas Marinas Protegidas, II(3), 1-7.
- Heemstra, P.C., Randall, J.E. 1993. Species catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fishers Synopsis (Vol. 16), Roma, FAO.
- Hernández, C.E., G. Muñoz & N. Rozbaczylo. 2001. Poliquetos asociados con *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Crustacea: Cirripedia) en Península Gualpén, Chile central: Biodiversidad y efecto del tamaño del sustrato biológico. Revista de Biología Marina y Oceanografía 36(1): 99-108.
- Hernández, R. (2010). Identificación de los elementos que determinen la factibilidad de proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos desde el punto de vista ambiental. Mexico: CNH.
- Hernández-Becerril, D.U., García-Reséndiz, J.A., Salas-de León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Signoret-Poillon, M., y Aldeco-Ramírez, J. 2008. Fracción de nanoplancton en la estructura del fitoplancton en el sur del Golfo de México. Ciencias marinas, 34(1): 77-90.





- Hernández-Vázquez S, Rodríguez-Estrella R, Valadez-González & Rojo-Vázquez JA. 2012. Abundancia, distribución y reproducción de aves marinas costeras de Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2(2)-3(1): 8-18.
- Hobson, K. and Banse, K. 1981. Sedentary and archiannelid polychaetes of British Columbia and Washington. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 209. Canada.
- Hoff, R., Hensel, P., Proffitt, E., Delgado, P., Shigenaka, G., Yender, R., Mearns, A.J. 2002. Oil Spills in mangroves. Planning & Response Considerations. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). USA. Technical Report, 69 pp.
- Horta-Puga, G., Carricart-Ganivet, J.P. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. En: Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E. (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México, pp. 64-78.
- HYCOM, 2016. HYCOM. Consortium for Data Assimilative Modeling. Accedido: 19 de febrero de 2016. Obtenido de: <  
<https://hycom.org/data/goml0pt04/expt-20pt1>> .
- IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2015. Boletín Oleaje: 04 de diciembre de 2015. Recuperado en diciembre de 2015, del IMTA:  
[http://galileo.imta.mx/BOLEAJE/boletinOleaje/vistas/boletinPrint\\_his.php?sku=20151204](http://galileo.imta.mx/BOLEAJE/boletinOleaje/vistas/boletinPrint_his.php?sku=20151204)
- INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2007. Infraestructura industrial de PEMEX.
- INE-SEMARNAT. 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Compilado por Margarita Caso, Irene Pisant y Exequiel Ezcurra. Primera edición.
- Iñigo-Elías, E. 2006. Aves migratorias, un recurso compartido en el continente americano y su relación con el Istmo de Tehuantepec. Recuperado en diciembre de 2015 de:  
<http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/226.pdf>
- IOC, IHO and BODC. 2003. "Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas", published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans; British Oceanographic Data Centre, Liverpool.
- IPIECA. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 1997. Impactos biológicos de la contaminación por





- hidrocarburos: Manglares. Serie de Informes de IPIECA, Vol. 4, Londres, 20 pp.
- Jefferson Thomas A. & Spencer K. Lynn. 1994. Marine Mammal Sightings in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, Summer 199. Caribbean Journal of Science, Vol. 30, No. 1-2, 83-89, 1994
- Jones G.P. & ANDREW N.L. (1992) Temperate reefs and the scope of seascape ecology. En: Battershill CN, (ed.) Proceedings of the Second International Temperate Reef Symposium: 63-76 Auckland, New Zealand.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 1992. Trace elements in soils and plants. CRC Press, USA, 2Ed.
- Karakulak, S., Oray, I., Corriero, A., Deflorio, M., Santamaria, N., Desantis, S. 2004. Evidence of a spawning area for the bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the eastern Mediterranean. Journal of Applied Ichthyology, 20: 318-320.
- Keen, M. 1971. Sea shells of tropical West America, Marine Mollusks from Baja California to Perú. Second edition. Stanford University Press, Stanford, California.
- Kennish, M.J. 1997. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. Halogenated Hydrocarbons, CRC Press, Marine sciences series Boca Raton.
- Kerlinger, P. 1989. Flight strategies of migrating hawks. University of Chicago Press, Chicago.
- Kirwan A.D., Merrell W.J., Lewis J.K. y Whitaker R.E. 1984. Lagrangian observations of an anticyclonic ring in the western Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research, 89(C3):3417-3424. American Geophysical Union, Washington DC, USA. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.
- Knauss, J.A., 1997. Introduction to Physical Oceanography, 2Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 309 pp.
- Kokokiris, L., Bruslé, S., Kentouri, M., Fostier, A. 1999. Sexual maturity and hermaphroditism of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae). Marine Biology, 134: 621-629.
- Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R., Pergent-Martini, C., Gonzalez, J. 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species - Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. Chemosphere, 68 (11): 2033-2039.
- Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. En: Wiley, M. (Ed.) Estuarine Processes. Academic Press Inc., New York, pp. 182-215.



- Lewis, R.R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 24: 403-418.
- Libes, S. (2009). *Introduction to marine biochemistry*. San Diego: Academic Press.
- Libes, S.M. 2009. *Introduction to marine biogeochemistry*. 2Ed. Elsevier, USA. 910 pp.
- Licea, S., Zamudio, M.E., Moreno-Ruiz, J.L., Luna, R. 2011. A suggested local region in the Southern Gulf of Mexico using a diatom database (1979-2002) and oceanic hydrographic features. *Journal of Environmental Biology*, 32: 443-453.
- Lleellish, Miguel; Tarazona, J; Zavala, J. & Silva, I. 1995. Comparación de la estructura comunitaria del bentos en playas arenosas de la costa central y sur del Peru. V Reunión ICBAR -UNMSM - Fac. Ciencias biológicas.
- Loman-Ramos, L. 2005. *Medusas del Sur del golfo de México: Variación espacial en la estructura comunitaria y asociaciones durante el otoño de 1999*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Yucatán, México, 100 pp.
- LUMCON. (2014). Louisiana Universities Marine Consortium . Recuperado el 23 de Febrero de 2016, de Desechos marinos en el Golfo de México : <http://cwc.lumcon.edu/wp-content/uploads/2014/01/Desechos-MarinosMarine-Debris.pdf>
- Magurran, A., 1988. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona.
- Malloy, R.J., Hurley, R. 1970. Geomorphology and geologic structure: Straits of Florida. *669 Geological Society of America Bulletin*, 81: 1947-1972.
- Manooch, S.C., Mason, D.L. 1987. Age and growth of the warsaw grouper and black grouper from the southeast region of the United States, *Northeast Gulf Science*, 9(2): 65-75.
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona. España.
- Márquez-M., R. 1996. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. Fondo de Cultura Económica, México. 197 pp.
- Márquez-M., R. 2004. *Las tortugas marinas del golfo de México: Abundancia, distribución y protección*. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E., (Comp.). *Diagnóstico Ambiental del golfo de México*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Harte Research Institute for the Gulf of México Studies, Vol. 1, pp. 173-197.



- Matthai, C., Birch, G. 2001. Detection of Anthropogenic Cu, Pb and Zn in continental shelf sediments off Sydney Australia - a New Approach Using Normalization with Cobalt. *Marine Pollution Bulletin*, 42(11): 1055-1063.
- Medellín, R.A., et al. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 459-515.
- Medina, L.R. 2006. Determinación de metales disueltos en agua de la sonda de Campeche, Golfo de México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 52 pp.
- Méndez, M. Crustáceos comerciales y otras especies en el litoral Peruano. *Boletín Lima* No. 20 - Marzo 1982. Perú.
- Metzler, A., Rivas, M., Sealy, I., & Snyder, R. (2015). Las especies silvestres marinas y las actividades de E&P: trabajando para coexistir. *Oil Field Review*, 1-10.
- Meylan, A.B. 1999. International movements of immature and adult hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*), in the Caribbean Region. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(2): 189-194.
- Middelburg, J.J., Hoede, D., Van Der Sloot, H. A., Van Der Weijden, C.H., Wijkstra, J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, (52): 2871-2878.
- Mihelakakis, A.T., Yoshimatsu, T., Tsoikas, C. 2001. Spawning in captivity and early life history of culture red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture*, 199: 333-352.
- Morel, F.M.M., Reinfelder, J.R., Roberts, S.B., Chamberlain, C.P., Lee, J.G., Yee, D. 1994. Zinc and carbon co-limitation of marine phytoplankton. *Nature*, 369: 740-742.
- Mota, L. 2013. Análisis y evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos del río Coatzacoalcos, Veracruz, México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 109 pp.
- Moulin, R.J. 1980. Observaciones hidrológicas frente al litoral de Tamaulipas en el Golfo de México. Secretaría de Marina. Dirección General de Oceanografía, México, 47 pp.
- Musick, J.A., Harbin, M.M., Berkeley, S.A., Burgess, G.H., Eklund, A.M., Findley, R.G., Gilmore, R.G., Golden, J.T., Ha, D.S., Huntsman, G.R., McGovern, J.C., Sedberry, G.R., Parker, S.J., Poss, S.G., Sala, E., Schmidt, T.W., Weeks, H., Wright, S.G. 2000. Marine, estuarine, and diadromous fish stocks at risk of extinction in North America (exclusive of Pacific salmonids). *Fisheries*, 25(11): 6-30.
- Muzquiz-Villalobos, M.L. 2014. Relación de variables oceanográficas con la riqueza de mamíferos marinos de México y sus implicaciones para la conservación. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 136 pp.





- Navarro, A., Benítez, H. 1995. El dominio del aire. La ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México. Recuperado en diciembre de 2015 del FCE: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/138/htm/dominio.htm>
- Neff, J.M. 1979. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment: Sources, Fates and Biological Effects. Applied Science Publishers, London, 262 pp.
- Noguez-Núñez, M. 2011. Diversidad, distribución y abundancia de los moluscos gasterópodos en la laguna La Mancha, Municipio de Actopan, Ver. (Mayo- Noviembre 2010). Tesis Profesional. Universidad Veracruzana, Xalapa, 78 pp.
- NOM-059-SEMARNAT-2010. 2010. Protección Ambiental-Especies Nativas de México de Flora y Fauna Silvestres-Categorías de Riesgo y Especificaciones para su Inclusión, Exclusión o Cambio-Lista de Especies en Riesgo. [http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/pdf/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/pdf/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
- NOAA 2012. An Overview of Protected Species in the Gulf of Mexico NOAA Fisheries Service Southeast Regional Office Protected Resources Division
- Nowlin W.D. 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. Oceanology. Contribution No. 452:173-178. Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscú. 1972. Winter circulation and property distributions. En: Contributions on the physical oceanography of the Gulf of Mexico, L.R. Capurro y J. Reis (Eds.) Gulf Publ. Co., Houston, Texas. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.
- Ortíz, G. 2000. Análisis de la contaminación en sedimentos y bentos en el bajo río Coatzacoalcos, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 83 pp.
- Ortíz, M., Méndez, A. 1999. Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del golfo de México y Mar Caribe. Investigaciones Geográficas, 39: 68-81.
- Ortíz-Lozano, L., Arceo-Briseño, P., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D., Jiménez-Badillo, L. 2010. Zona costera. En: Florescano, E., Ortíz-Escamilla, J. (Coords). Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz,





---

Tomo I: Patrimonio Natural. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, pp. 123-146.

- Pajuelo, J.G., Lorenzo, L.M. 1996. Life history of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae) off the Canary Islands, central east Atlantic. *Fisheries Research*, 28: 163-177.
- Parker, R.O., Mays, R.W. 1998. Southeastern U.S. deepwater reef fish assemblages, habitat characteristics, catches, and life history summaries. NOAA Technical Report NMFS.
- Peluso María Leticia (2011) Evaluación de efectos biológicos y biodisponibilidad de contaminantes en sedimentos del Río la Plata y afluentes. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata.
- PEMEX - UNAM, 2003. Campaña Oceanográfica SGM-8, 2003. Reporte Final.
- Pemex Exploración y Producción- Universidad Nacional Autónoma de México. 2005-2008. Informe por Vázquez Gutiérrez F. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- PEMEX. (2014). Anuario Estadístico. México: PEMEX.
- Phillips, R.C., Payne, R.J., Lambach, L.J., Farmer, H.G., Sims Jr, R.R. 1993. Georges Bank monitoring program: Hydrocarbons in bottom sediments and hydrocarbons and trace metals in tissue. *Marine Environmental Research*, 22: 33-74.
- Pickett-Heaps, J.D., Pickett-Heaps, J. 2011. *Diatoms: Life in glass houses*. Sinauer Associates, Sunderland, USA.
- Pielou, E. C. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, Inc. New York, 1969. 286 p.
- Piercy, A.N., Carlson, J.K., Passerotti, M.S. 2010. Age and growth of the great hammerhead shark, *Sphyrna mokarran*, in the north-western Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*, 61: 992-998.
- Ponce, M. 1995. Evaluación de los niveles de metales pesados e hidrocarburos aromáticos polinucleares en la zona costera del golfo de México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 157 pp.
- Porcela, D.B. 1993. Protocol for Blow Assessment of Hazardous Waste Sites, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency. In: Burton, G.A., Pitt, E.R., 2002. *Stormwater effect handbook: a toolbox for watershed managers, scientist, and engineers*. Lewis Publishers, 911 pp.



- Prego, R., Cobelo-García, A. 2003. Twentieth century of heavy metals in the Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution*, 121: 425-452.
- Ramírez-Elías Miguel A, Sabido-Pérez Mirna Y., Aguilar-Ucán Claudia A., Cerón-Bretón Rosa M., De La Cruz-González César A., Argáez-Aguilar Edwin G. (2005) Estudios de metales pesados en sedimentos del Arroyo La Caleta, Ciudad del Carmen, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR).
- RAMSAR. 2006. The Ramsar Convention on Wetlands. Recuperado en diciembre de 2015, del RAMSAR: <http://www.ramsar.org>
- Raymont, J. 1980. Plankton and productivity in the oceans. I. Phytoplankton. Oxford: Pergamon Press, USA, 488 pp.
- Richards, W.J. 1999. Preliminary guide to the identification of the early life history stages of serranid fishes of the western central Atlantic. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-419.
- Riley, J.P., Chester, R. 1971. Introduction to Marine Chemistry. Academic Press, England, 465 pp.
- Robles, L. B. (30 de Julio de 2012). La jornada ecológica. Recuperado el 19 de Febrero de 2016, de La jornada ecológica: <http://www.jornada.unam.mx/2012/07/30/eco-c.html>
- Rodier, J. 1990. Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar: química, fisicoquímica, bacteriología, biología. Editorial Omega, España, 1080 pp.
- Rodriguez, S. R. Transferencia de recursos alimentarios entre diferentes ambientes del ecosistema marino. *Rev. chil. hist. nat., mar.* 2000, vol.73, no.1, p.199-207.
- Rodríguez-Santiago, H., Botello, A.V. 1987. Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México. *Contaminación Ambiental*, 3: 37-53.
- Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A.D., Márquez-Mendoza, J.D., Vázquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M.I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L., Galindo-Leal, C. 2013. Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 128 pp.



- Roo, F.J., Socorro, J., Izquierdo, M.S., Caballero, M.J., Hernández-Cruz, C.M., Fernández, A. 1999. Development of red porgy *Pagrus pagrus* visual system in relation with changes in the digestive tract and larval feeding habits. *Aquaculture*, 179: 499-512.
- Rosales-Hoz, L., Carranza-Edwards, A., Carvajal-Romero, P., Méndez-Jaime, C., Ruiz-Santoyo, M.E. 2003. Physicochemical seasonal variability of a tropical estuary: major and minor elements in water and air. *Environmental Geology*, 44(7): 790-798.
- Rosas, P.I., Báez, A., Belmont, R. 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, air and soil pollution*, 20: 127-135.
- Rozbaczylo, N. & Castilla, J. 1974. La familia Nephtyidae en Chile (anelida, Polychaeta). *Studies in the Neotropical Fauna* 9, pp. 179-206. Santiago.
- Rozbaczylo, N. & J. Bolados. 1980. Nereidos de Iquique, Chile. (Polychaeta: Nereidae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago* 37: 205-224.
- Ruíz, T. 2008. Estructura comunitaria de los macrocrustáceos bentónicos del suroeste del golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 90 pp.
- Ruppert, E y Barnes, R. D. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. Pag, 447 y 448.
- Ruppert, E. & Barnes, R. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Sadiq M. 1992. *Toxic metal chemistry in marine environments*. Marcel Dekker. New York, 390 pp.
- Sadovy, Y., Eklud, A. 1999. Synopsis of Biological Data on the Nassau Grouper, *Epinephelus striatus* (Bloch, 1792), and the Jewfish, *E. itajara* (Lichtenstein, 1822). Seattle, Washington: NOAA Technical Report NMFS 146, A Technical Report of the Fishery Bulletin FAO Fisheries Synopsis, 157 pp.
- SAGARPA. (24 de agosto de 2012). Carta Nacional Pesquera . México: DOF.
- Salfina, C. 1993. Bluefin tuna in the West Atlantic: negligent management and the making of an endangered species. *Conservation Biology*, 7(2): 229-234.
- Salvador, A. 1991. (Ed.). *The gulf of Mexico basin: The Geology of North America*, Vol. J: Geological Society of America, *The geology of North America*.
- Sará, G., Sará, R. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 122-127.





- Schmidly, D. J. and B. Würsig. 2009. Mammals (Vertebrata: Mammalia) of the Gulf of Mexico, Pp. 1343–1352 in Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.), Gulf of Mexico–Origins, Waters, and Biota. Biodiversity. Texas A&M Press, College Station, Texas.
- Schreiber EA & Burger J. 2002. Seabirds in the Marine Environment; pp. 1-16 En: Schreiber EA & Burger J (eds.). Biology of marine birds. 1ra ed., CRC PRESS, Florida.
- SE. (2014). Perfil de Mercado del Litio. México: SE.
- SEMAR, 2012. Centro de Control y Procesamiento de Datos (CECOPROD). Secretaría de Marina. Accedido: 23 de febrero de 2016. Obtenido de: <[http://oceanografia.semar.gob.mx/telems/CROQUIS%20GOLFO/12%20COATZACOAL\\_niveles\\_infor.pdf](http://oceanografia.semar.gob.mx/telems/CROQUIS%20GOLFO/12%20COATZACOAL_niveles_infor.pdf)>.
- SEMARNAT, 2016. Coatzacoalcos, Veracruz. Secretaria del Medioambiente y Recursos Naturales. Accedido: 23 de febrero de 2016. Obtenido de: <<http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioCoatza.pdf>>.
- SEMARNAT. (13 de 12 de 2007). Declaratoria de clasificación del Río Coatzacoalcos, sus afluentes (Río Calzadas, Arroyo Gopalapa y Arroyo Teapa) y la Laguna Pajaritos. México: DOF.
- SEMARNAT. 2009. Plan de manejo tipo para el manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de aves acuáticas y playeras. <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/PMT/PMT%20Aves%20acu%C3%A1ticas%20y%20playeras.pdf>
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF: 30/12/2010.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. DOF: 30/12/2010.
- Serrano, A. 2002. Mamíferos Marinos en México Guía de Campo. Ed. ASBE, Xalapa, Veracruz. 53 pp.





- Sexenio, S. (30 de Abril de 2012). Sexenio Veracruz. Recuperado el 19 de Febrero de 2016, de Sexenio veracruz:  
<http://www.sexenio.com.mx/veracruz/articulo.php?id=5042>
- Sharma, V.K., Rhudy, K.B., Koenig, R., Vázquez, F.G. 1999. Metals in sediments of the Upper Laguna Madre. *Marine Pollution Bulletin*, 38(12): 1221-1226.
- Shiller, A.M., Boyle, E.A. 1987. Dissolved vanadium in rivers and estuaries. *Earth Planetary Sciences Letters*, 86: 214-224.
- Signoret, M., Built, C., Pérez, R. 1998. Patrones de distribución de clorofila a y producción primaria en aguas del Golfo de México y Mar Caribe. *Hidrobiológica*, 8(2): 81-88.
- Smith, C.L. 1971. A revision of the American groupers: *Epinephelus* and Allied genera. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 146(2): 67-242.
- SMN. Sistema Meteorológico Nacional. 2015. Pronóstico meteorológico para la región de Coatzacoalcos, Veracruz y Paraíso, Tabasco. Recuperado en diciembre de 2015, de SMN:  
[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=262](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=262)
- Solís-Marín, F.A., Herrero-Perezrul, M.D., Laguarda-Figueras, A., Torres-Vega, J. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata). En: Salazar-Vallejo, S.I., González N.E. (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO, México, pp. 91-105.
- Solís-Weiss, V.A., Granados-Barba, L.V., Rodríguez-Villanueva, L.A., Miranda-Vázquez, V., Ochoa-Rivera, P., Hernández-Alcántara, P. 1995. The Lumbrineridae of the continental shelf in the Mexican portion of the Gulf of Mexico. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, Germany*, 92: 61-75.
- Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas. *BioScience* 57: 573-583
- Sprovieri, M., Feo, L., Prevedello, L., Salvagio, D., Sammartino, S., Tamburrino, S., Marsella, E. 2007. Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Naples harbour (Southern Italy). *Chemosphere*, 67: 998-1009.
- Stevens, J.D., Lyle, J.M. 1989. Biology of three hammerhead sharks (*Eusphyra blochii*, *Sphyrna mokarran* and *S. lewini*) from Northern Australia. *Australia Journal of Marine and Freshwater Research*, 40: 129-146.
- Stout, S.A., Uhler, A.D., McCarthy, K.J. 1998. PAH can provide a unique forensic fingerprint for hydrocarbons products. *Soil Ground, Cleanup*.



- Suchil, M.A. 1990. Determinación de la variación estacional de fitoplancton, y su relación con los parámetros físicos y químicos de las lagunas de: Sontecomapan y del Ostión/Ver. para el año de 1985. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales - Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans - surface productivity and oxygen utilization. *Nature*, 288: 260-263.
- Suess, M.J. 1976. The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Science of the Total Environment*, 6: 239-250.
- Tarazona, J.; Paredes, C.; Canahuire, E.; Romero, L.; Hoyos, L.; Takeshi, M.; Cornejo, O. 1989. Mecanismos y Procesos en la dinámica de las comunidades y poblaciones bentónicas. UNMSM - Fac. Ciencias Biológicas. Perú.
- Thiel, M.; Guerra-García, J. M., Lancelotti, D. A. The distribution of littoral caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) along the Pacific coast of continental Chile. *Rev. chil. hist. nat.*, jun. 2003, vol.76, no.2, p.297-312.
- Torres A., C. Esquivel & G. Ceballos. 1995. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Marinos de México. *Revista de Mastozoología I*: 22-43, 1995.
- Tucker, R. & Peter, S. 1998. *Compendium of seashells*. Odyssey Publishing. Printed in China.
- UNESCO. (1976). *Guide to operational procedures for the IGOSS Plito Project on marine pollution (Petroleum) Monitoring*. Hemmerlé: UNESCO.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. 2015. *Lista de especies amenazadas*. 2015.  
<http://www.iucnredlist.org/details/22694455/0>
- Valdés J., S. A. (2009). Composición elemental y contenido de metales en sedimentos marinos en la bahía de Mejillones del Sur, Chile: evaluación ambiental de la zona costera. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 131-141
- Vargas-Hernández, J.M., Hernández-Gutiérrez, A., Carrera-Parra, L.F. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. En: Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E. (Eds.). *Biodiversidad Marina y Costera de México*. CONABIO y CIQRO, México, pp. 559-575
- Vázquez, G.F., Tapia, G.M., Moreno, J.L, Alexander, V.H., Pérez, B.R., Fuentes, V.J., Frausto, C.A. 1998. Evaluación Prospectiva para el Programa de Monitoreo Continuo del Efecto Ambiental de la Actividad Petrolera en el



- Golfo de México. Convenio PEMEX-Universidad Nacional Autónoma de México - RMSO: 007/98 (Informe final).
- Vázquez-Botello Alfonso, Villanueva-Fragosos Susana y Rosales-Hoz Leticia (2004) Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, Vol 2: pp. 681-710.
- Vega-Cendejas, M.E., de Santillana, M.H., Agüero, G.C. 1997. Los peces de la Reserva de Celestún. Mérida: Pronatura.
- Vela, J. 2005. Evaluación de los parámetros bromatológicos en sedimentos del Sur del golfo de México en 2006. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 67 pp.
- Veliz, D. & Vasquez, J. La Familia Trochidae (Mollusca: Gastropoda) en el norte de Chile: consideraciones ecológicas y taxonómicas. Rev. chil. hist. nat., dic. 2000, vol.73, no.4, p.757-769.
- Vera-Mendoza, R.R., Salas-de-León, D.A. 2014. Effect of Environmental Factors on Zooplankton Abundance and Distribution in River Discharge Influence Areas in the Southern Gulf of Mexico. En: Amezcua, F., Bellgraph, B. (Eds.). Fisheries Management of Mexican and Central American Estuaries of the World. Springer Sciences, USA, pp. 93-112.
- Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, A.F. Hernández, E. Meza, J.M. Pérez-Molero 1994 b. Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic-anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research, 99: 7571-7597. American Geophysical Union. Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.
- Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, J.M. Pérez-Molero 1992. Collision of a Loop Current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research, 97: 2155-2172. American Geophysical Union. Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.
- Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Hernández, A.F. 1990. Atlas Oceanográfico del Golfo de México, Vol. III, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Grupo de Estudios Oceanográficos, Cuernavaca, Morelos.
- Villanueva, F.S. 1987. Evaluación de metales pesados en sedimentos y organismos del río Coatzacoalcos y áreas adyacentes, Veracruz, México. Tesis Profesional. Escuela





---

Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 82 pp.

- Villanueva, F.S., Páez-Osuna, F. 1996. Niveles de metales en el golfo de México: Agua sedimentos y organismos. En: Botello, A.V., Rojas-Galaviz, J.L., Benítez, J.A., Zárate-Lomelí, D. (Eds.). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Serie Científica, 5, pp. 309-347.
- Villanueva, S., & Botello, A. (1992). Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión. *Rev. Int. Ambient.*, 8(1), 47-61.
- Waring GT, Quintal JM, Swartz SL, Editors. 2000. US Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments -- 2000. US Dep Commer, NOAA Tech Memo NMFS NE 162; 298 p.
- Wennemer J, Gagnon C, Boye D, Gong G. 1998. Summary of Marine mammal and turtle observation during the 1997 nearfield water quality surveys. Boston: Massachusetts Water Resources Authority. Report ENQUAD 98-03. 17p.
- Wiseman, W.J., Sturges, W. 1999. Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology. In: Kumpf H., Steidinger, K., Sherman, K. (Eds.). *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science, USA, pp. 77-92.
- Würsing, B., Jefferson, T.A., Schmidly, D.J. 2000. *The marine mammals of the Gulf of Mexico*. Texas, USA, Texas A&M University Press.
- Zhang, H.-M., R.W. Reynolds, and J.J. Bates. 2006. "Blended and Gridded High Resolution Global Sea Surface Wind Speed and Climatology from Multiple Satellites: 1987 - Present". American Meteorological Society 2006 Annual Meeting, Paper #P2.23, Atlanta, GA, 29 de enero - 2 de marzo, 2006.





## 8. Apéndices

- Apéndice 6.1 Resumen de análisis y muestreo de agua marina
- Apéndice 6.2 Resultados analíticos de agua marina - Clorofila a
- Apéndice 6.3 Resultados analíticos de agua marina - SST
- Apéndice 6.4 Resultados analíticos de agua marina - HTP
- Apéndice 6.5 Resultados analíticos de agua marina - HAP
- Apéndice 6.6 Resultados analíticos de agua marina - BTEX
- Apéndice 6.7 Resultados analíticos de agua marina - Nutrientes
- Apéndice 6.8 Resultados analíticos de agua marina - Metales
- Apéndice 6.9 Resumen de análisis y muestreo de sedimento
- Apéndice 6.10 Resultados analíticos de sedimento - HTP
- Apéndice 6.11 Resultados analíticos de sedimento - HAP
- Apéndice 6.12 Resultados analíticos de sedimento - Metales
- Apéndice 6.13 Resultados analíticos de sedimento - Propiedades físicas
- Apéndice 6.14 Resultados analíticos de sedimento - Propiedades químicas
- Apéndice 6.15 Listado de especies de fitoplancton en el suroeste del Golfo de México
- Apéndice 6.16 Listado taxonómico de organismos de zooplancton en el suroeste del Golfo de México
- Apéndice 6.17 Listado taxonómico de Macrobentos
- Apéndice 6.18 Especies capturadas en la pesca exploratoria
- Apéndice 6.19 Listado taxonómico de ictiofauna reportada en las oficinas de pesca para el 2014 de las localidades frente al Área Contractual 7
- Apéndice 6.20 Características de las tortugas marinas del Golfo de México
- Apéndice 6.21 Lista de aves migratorias en el Sur del Golfo de México



## 9. Listas de tablas

Tabla 2.1	Coordenadas para el Área Contractual 7	2
Tabla 2.2	Puntos de muestreo dentro del Área Contractual 7	3
Tabla 4.1	Relación de Profesionales y Técnicos	6
Tabla 4.2	Características técnicas del buque "Riviera Maya"	7
Tabla 4.3	Características de las embarcaciones menores empleadas en la evaluación de Pesca Exploratoria	8
Tabla 5.1	Ubicación Geográfica del Área Contractual 7	12
Tabla 5.2	Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación	13
Tabla 5.3	Parámetros analíticos de calidad del agua de mar	17
Tabla 5.4	Parámetros analíticos de calidad del sedimento marino	19
Tabla 5.5	Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Macrofitos en el Área Contractual 7	23
Tabla 5.6	Metodologías de Evaluación de Aves Marinas	26
Tabla 5.7	Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas	28
Tabla 5.8	Características de las redes agalleras empleadas en la pesca exploratoria	30
Tabla 5.9	Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 7.	31
Tabla 6.1	Criterios de Regulación Ecológica	35
Tabla 6.2	Temperatura máxima, estación meteorológica Paraíso, Tabasco	40
Tabla 6.3	Valores de precipitación media anual y mensual estación meteorológica Paraíso	45
Tabla 6.4	Promedio estatal climatológico	46
Tabla 6.5	Evaporación mensual y promedio anual en la estación meteorológica Paraíso.	47
Tabla 6.6	Promedio de la nubosidad durante el mes de diciembre (2015) para el área de estudio (Paraíso, Tabasco)	49
Tabla 6.7	Presión atmosférica registrada en el área de estudio cada 30 min (diciembre de 2015)	62
Tabla 6.8	Características de las mareas de la estación Frontera, Tabasco	66
Tabla 6.9	Características de las mareas de la estación Dos Bocas, Tabasco	67
Tabla 6.10	Registro de parámetros básicos de calidad de agua de mar	71
Tabla 6.11	Iones en el agua de mar	72
Tabla 6.12	Masas de agua en el Golfo de México	78
Tabla 6.13	Materia orgánica en sedimento marino	114
Tabla 6.14	Composición y abundancia del zooplancton (organismos / 100 m <sup>3</sup> ) en abril de 2000 en la zona de influencia del polígono del Área Contractual 7	119
Tabla 6.15	Datos generales de la pesca exploratoria en la locación L7-I del Área Contractual 7.	123
Tabla 6.16	Especies registradas en la locación L7-I del Área Contractual 7.	124
Tabla 6.17	Datos generales de la pesca exploratoria en la estación L7-G del Área Contractual 7	125



Tabla 6.18	Especies registradas en la locación L2-B del Área Contractual 7.	125
Tabla 6.19	Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 7.	126
Tabla 6.20	Aves registradas en en el Área Contractual 7	128
Tabla 6.21	Aves registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México	130
Tabla 6.22	Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 7	132
Tabla 6.23	MamíferosMarinos registrados en en el Área Contractual 7	133
Tabla 6.24	Categoría de Conservación de los Mamíferos Marinos registrados en en el Área Contractual 7	136
Tabla 6.25	Tortugas que ocurren en el Golfo de México	138
Tabla 6.26	Categoría de Conservación de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México	140
Tabla 6.27	Metales en sedimentos	147
Tabla 6.28	Especies acuáticas	151
Tabla 6.29	HAP's en sedimentos	153
Tabla 6.30	Características de la captura de las principales especies comerciales de peces	165
Tabla 6.31	<i>Formas de organización social y número de miembros por Estado</i>	168
Tabla 6.32	<i>Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 7</i>	170
Tabla 6.33	<i>Determinación de códigos de atributos de daños ambientales</i>	180
Tabla 6.34	<i>Categoría de significancia de daños ambientales</i>	182
Tabla 6.35	Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 7	183



## 10. Lista de figuras

Figura 4.1	Vista del buque "Riviera Maya"	8
Figura 4.2	<i>Evaluación de necton con embarcación pesquera artesanal</i>	9
Figura 5.1	Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 7	12
Figura 5.2	Distribución de Zonas Pesqueras en México.	14
Figura 5.3	Profundidades en metros del Golfo de México versión GOMI0.04_72	15
Figura 5.4	Vista de la Roseta de botellas Niskin	16
Figura 5.5	<i>Vista del Boxcore de corte cuadrado</i>	18
Figura 5.6	<i>Vista de red cónica de 20 µm empleada para la colecta de muestras de fitoplancton</i>	21
Figura 5.7	Muestreador de sedimentos (Box Corer)	23
Figura 5.8	Metodología de Evaluación de Aves Marinas	28
Figura 5.9	Metodología de Evaluación de Tortugas y Mamíferos Marinos	29
Figura 5.10	Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 7.	30
Figura 6.1	Área contractual y área de estudio	36
Figura 6.2	Variación mensual del promedio de temperatura superficial del océano (°C)	42
Figura 6.3	Temperatura superficial (°C): a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril.	42
Figura 6.4	Temperatura superficial (°C): a) mayo, b) junio, c) julio, d) agosto	43
Figura 6.5	Temperatura superficial (°C) i) septiembre, j) octubre, k) noviembre, l) diciembre.	43
Figura 6.6	Ejemplo perfil térmico para el el Área Contractual 7 generada del modelo HYCOM	44
Figura 6.7	División de México, según los valores anuales de la humedad relativa. Periodo: 1941-1970. Se distinguen 3 tipos: 1) tipo húmedo (F), con valores superiores al 70%; 2) tipo medio (M), con valores entre 65 y 70%; 3) tipo seco (T), con valores inferiores al 65%	47
Figura 6.8	Promedio de la nubosidad diaria en el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 7	49
Figura 6.9	Patrón de circulación de corrientes superficiales ( $m s^{-1}$ ) en el área de influencia del Área Contractual 7.	52
Figura 6.10	Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 7	53
Figura 6.11	Ejemplo de corrientes superficiales marinas (enero-junio) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM	54
Figura 6.12	Ejemplo de corrientes superficiales marinas (julio-diciembre) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM	55
Figura 6.13	Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 7 generada del modelo HYCOM	56
Figura 6.14	Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 7 (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	58





Figura 6.15	Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 7 (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	59
Figura 6.16	Diagramas de rosa de vientos por mes del sitio cercano al Área Contractual 7, (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	60
Figura 6.17	Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de lluvias (julio) del año 2015	61
Figura 6.18	Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de Nortes (diciembre) del año 2015	61
Figura 6.19	Presión atmosférica registrada en el Área Contractual 7 (diciembre de 2015)	62
Figura 6.20	Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de lluvias (julio) de 2015	65
Figura 6.21	Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de Nortes (diciembre) de 2015 (Tomado del IMTA, 2015).	65
Figura 6.22	Representación gráfica del régimen de mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz	66
Figura 6.23	Batimetría del Área Contractual	68
Figura 6.24	Batimetría en el Área Contractual 7	69
Figura 6.25	Concentración de HTP en el Área Contractual 7	91
Figura 6.26	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 0–10 m de profundidad: A) Biomasa (mg m <sup>-3</sup> ); B) Densidad (kg m <sup>-3</sup> ).	117
Figura 6.27	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 10–20 m de profundidad: A) Biomasa (mg m <sup>-3</sup> ); B) Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	118
Figura 6.28	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 20–30 m de profundidad: A) Biomasa (mg m <sup>-3</sup> ); B) Densidad (kg m <sup>-3</sup> )	118
Figura 6.29	Riqueza de mamíferos marinos en la Zona Económica Exclusiva de México	134
Figura 6.30	Distribución de la tortuga caguama <i>Caretta caretta</i> en México	139
Figura 6.31	Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 7	155
Figura 6.32	Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 7	157
Figura 6.33	Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 7	158
Figura 6.34	Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 7	159
Figura 6.35	Principales rutas migratorias de aves en Norteamérica: la ruta del Pacífico (azul), la ruta del Centro (verde), la ruta del Golfo (rosa) y la ruta del Atlántico (rojo)	160
Figura 6.36	Rutas migratorias de las aves durante Primavera - Otoño	161
Figura 6.37	Distribución Espacial de la Pesca Artesanal	163
Figura 6.38	Zonas de pesca cercanas al Área Contractual 7	166
Figura 6.39	Embarcaciones utilizadas para la pesca artesanal	167
Figura 6.40	Naufragios en el Litoral del Golfo de México	173
Figura 6.41	Regionalización de aguas someras en la Sonda de Campeche	199
Figura 6.42	Distribución espacial de níquel disuelto durante la campaña 2001.	201



---

Figura 6.43	Distribución espacial de vanadio disuelto durante la campaña 2001.	201
Figura 6.44	Registro histórico de la concentración de hidrocarburos totales en sedimento en la región sur del Golfo de México	203



## 11. Lista de gráficas

Gráfica 6.1	Climograma del periodo 1951-2010. Estación meteorológica Paraiso.	40
Gráfica 6.2	Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 7	73
Gráfica 6.3	Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 7	74
Gráfica 6.4	Salinidad y temperatura en B7-F	74
Gráfica 6.5	Salinidad y temperatura en B7-G	75
Gráfica 6.6	Salinidad y temperatura en B7-H	76
Gráfica 6.7	Salinidad y temperatura en el B7-I	77
Gráfica 6.8	Salinidad y temperatura en B7-J	78
Gráfica 6.9	Comportamiento del pH en el Área Contractual 7	79
Gráfica 6.10	Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 7	81
Gráfica 6.11	Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 7	82
Gráfica 6.12	Turbidez y oxígeno disuelto en B7-F	83
Gráfica 6.13	Turbidez y oxígeno disuelto B7-G	84
Gráfica 6.14	Turbidez y oxígeno disuelto en B7-H	85
Gráfica 6.15	Turbidez y oxígeno disuelto en B7-I	86
Gráfica 6.16	Turbidez y oxígeno disuelto en B7-J	87
Gráfica 6.17	Comportamiento de la fluorescencia en el Área Contractual 7	88
Gráfica 6.18	Concentración de Sólidos Suspendedos Totales en agua marina	89
Gráfica 6.19	Concentración de amoníaco en agua de mar	93
Gráfica 6.20	Concentración de nitritos en agua de mar	94
Gráfica 6.21	Concentración de nitratos en agua de mar	95
Gráfica 6.22	Concentración de Hierro en sedimento marino	103
Gráfica 6.23	Concentración de Zinc en sedimento marino	104
Gráfica 6.24	Concentración de Plomo en sedimento marino	105
Gráfica 6.25	Concentración de Cobre en sedimento marino	106
Gráfica 6.34	Composición porcentual de las capturas en el Área Contractual 7	126
Gráfica 6.35	Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 7	129
Gráfica 6.28	Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial	164



---

## 12. Anexos

Anexo 5.1 Acreditaciones y certificaciones del laboratorio analítico

Anexo 5.2 Bitácora de campo

Anexo 6.1 Oficio sobre pozos y materiales en el Área Contractual





## 13. Cartografía

- Mapa 1 Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 7
- Mapa 2 Área contractual y área de estudio
- Mapa 3 Patrón de circulación de corrientes superficiales (m s-1) en el área de influencia del Área Contractual 7.
- Mapa 4 Batimetría del Área Contractual
- Mapa 5 Batimetría en el Área Contractual 7
- Mapa 6 Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 7.
- Mapa 7 Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 7
- Mapa 8 Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 7
- Mapa 9 Área Natural Protegida
- Mapa 10 Distribución Espacial de Pesca Artesanal
- Mapa 12 Zona de pesca cercana al Área Contractual 7
- Mapa 13 Naufragios en el Litoral del Golfo de México