



Informe Detallado de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual 1 en el Golfo de México

eni México

www.erm.com

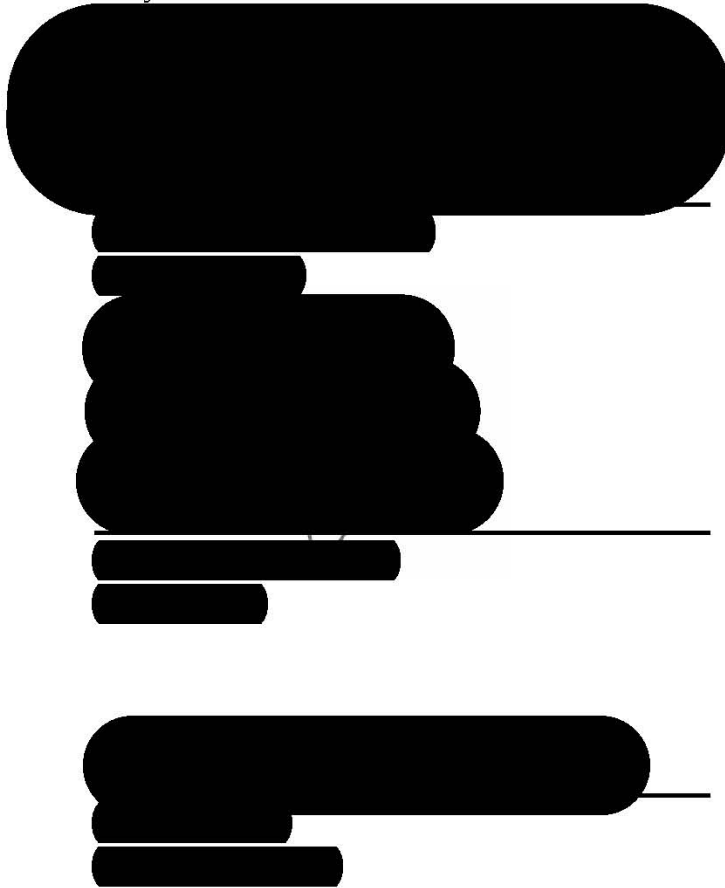


eni México

Informe Detallado de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual 1 en el Golfo de México

mayo de 2016

Proyecto No. 0341324



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

ERM México, S.A. de C.V.



Tabla de contenido

Glosario	v
Resumen Ejecutivo	x
1. Introducción	1-1
2. Alcance	2-3
3. Objetivos	3-6
4. Personal y embarcaciones	4-7
4.1. <i>Personal</i>	4-7
4.2. <i>Embarcaciones</i>	4-8
4.2.1 Evaluación marina ambiental	4-8
4.2.2 Evaluación de Fauna Costera y Lagunar	4-8
4.2.3 Pesca Embarcada Exploratoria	4-9
5. Metodología	5-10
5.1. <i>Generalidades</i>	5-10
5.1.1 Contexto regional	5-10
5.1.2 Contexto local	5-11
5.1.2.1 Delimitación del área de estudio	5-11
5.1.2.2 Ubicación de las Estaciones de muestreo	5-12
5.1.3 Clima y meteorología	5-14
5.2. <i>Medio Abiótico</i>	5-14
5.2.1 Calidad de Agua de Mar	5-14
5.2.2 Calidad de Sedimento Marino	5-17
5.3. <i>Medio Biótico</i>	5-20
5.3.1 Fitoplancton	5-20
5.3.1.1 Muestreo Cualitativo	5-20
5.3.1.2 Muestreo Cuantitativo	5-21
5.3.2 Zooplancton e Ictioplancton	5-22
5.3.3 Macrobentos	5-23
5.3.3.1 Metodología de muestreo en laboratorio	5-24
5.3.3.2 Análisis de diversidad	5-25
5.3.4 Avifauna marina	5-27
5.3.5 Mamíferos y tortugas marinas	5-29
5.3.6 Pesca exploratoria	5-30
5.3.7 Efectos biológicos	5-33
6. Resultados	6-35
6.1. <i>Generalidades</i>	6-35
6.1.1 <i>Contexto regional</i>	6-35



6.1.2	<i>Contexto local</i>	6-36
6.1.2.1	Ubicación del Área Contractual 1 con relación a las regiones de gestión ambiental	6-36
6.2.	<i>Medio abiótico</i>	6-38
6.2.1	<i>Geomorfología regional</i>	6-38
6.2.2	<i>Geología regional</i>	6-39
6.2.2.1	Evolución geológica	6-40
6.2.2.2	Geología Estructural	6-42
6.2.2.3	Columna Estratigráfica General	6-43
6.2.3	<i>Geología y geomorfología local</i>	6-46
6.2.4	<i>Clima y meteorología</i>	6-47
6.2.4.1	Clima	6-47
6.2.4.2	Temperatura media anual y mensual	6-49
6.2.4.3	Precipitación media anual y mensual	6-53
6.2.4.4	Humedad relativa	6-54
6.2.4.5	Evaporación media anual	6-58
6.2.4.6	Nubosidad promedio anual	6-59
6.2.4.7	Nubosidad promedio anual Eventos extremos ambientales	6-60
6.2.4.8	Corrientes marinas	6-64
6.2.4.9	Presión atmosférica	6-65
6.2.5	Hidrodinámica y batimetría	6-66
6.2.5.1	Batimetría	6-66
6.2.5.2	Corrientes, salinidad y temperatura	6-67
6.2.5.3	Vientos	6-75
6.2.5.4	Mareas	6-78
6.2.5.5	Patrones de dispersión de sedimentos	6-80
6.2.6	Calidad de Agua de Mar	6-84
6.2.6.1	Parámetros fisicoquímicos	6-84
6.2.6.2	Resultados analíticos	6-103
6.2.7	Calidad de Sedimento Marino	6-119
6.2.7.1	Resultados analíticos	6-120
6.2.7.2	Propiedades físicas	6-129
6.2.7.3	Propiedades químicas	6-131
6.3.	<i>Medio Biótico</i>	6-132
6.3.1	Fitoplancton	6-132
6.3.2	Zooplancton	6-134
6.3.3	Macrobentos	6-134
6.3.3.1	Ubicación y distribución de las especies registradas	6-136
6.3.3.2	Diversidad y Riqueza de especies registradas	6-137
6.3.3.3	Categorías de Conservación	6-149
6.3.4	Fauna íctica	6-149
6.3.4.1	Pesca Exploratoria Marina	6-150
6.3.4.2	Pesca Exploratoria Lagunar	6-157
6.3.5	Aves Marinas	6-166
6.3.5.1	Ubicación y distribución de las especies registradas	6-168
6.3.5.2	Diversidad de especies registradas	6-168
6.3.5.3	Categoría de conservación	6-169
6.3.6	Aves en el complejo Lagunar Del Carmen- Machona	6-171



6.3.6.1	Ubicación y distribución de las especies registradas	6-172
6.3.6.2	Diversidad de especies registradas	6-174
6.3.6.3	Categoría de conservación	6-174
6.3.7	Aves Costeras	6-175
6.3.7.1	Ubicación y distribución de las especies registradas	6-177
6.3.7.2	Diversidad de especies registradas	6-179
6.3.7.3	Categoría de conservación	6-179
6.3.8	Mamíferos Marinos	6-180
6.3.8.1	Composición y abundancia de las especies registradas	6-181
6.3.8.2	Ubicación y distribución de las especies registradas	6-181
6.3.8.3	Diversidad de especies registradas	6-183
6.3.8.4	Categoría de conservación	6-184
6.3.9	Tortugas Marinas	6-185
6.3.9.1	Condiciones ambientales durante la evaluación marina	6-185
6.3.9.2	Composición y abundancia de las especies registradas	6-186
6.3.9.3	Ubicación y distribución de las especies	6-186
6.3.9.4	Diversidad de especies registradas	6-187
6.3.9.5	Categoría de conservación	6-187
6.4.	<i>Efectos biológicos</i>	6-189
6.4.1	Presencia de Metales Pesados en el Sedimento Marino	6-189
6.4.2	Presencia de Hidrocarburos en el Sedimento Marino	6-192
6.4.2.1	Niveles Guía de Referencia	6-194
6.4.3	Resultados del Análisis de Metales Pesados	6-195
6.4.4	Resultados del Análisis de Hidrocarburos	6-203
6.5.	<i>Áreas Sensibles</i>	6-206
6.5.1.1	Arrecifes coralinos	6-206
6.5.1.2	Regiones prioritarias	6-207
6.5.1.3	Áreas Naturales Protegidas	6-209
6.5.1.4	Rutas de migración de aves y mamíferos marinos	6-210
6.6.	<i>Identificación de la Infraestructura Existente</i>	6-213
6.6.1	Actividades Económicas	6-213
6.6.1.1	Turismo	6-213
6.6.1.2	Agricultura	6-214
6.6.1.3	Ganadería	6-214
6.6.1.4	Industria Petrolera	6-214
6.6.1.5	Pesca	6-214
6.6.2	Patrimonio Arqueológico	6-221
6.7.	<i>Diagnóstico ambiental</i>	6-222
6.8.	<i>Registro y descripción de daños ambientales</i>	6-225
6.8.1	Identificación de los daños ambientales	6-226
6.8.2	Valor del daño ambiental	6-226
6.8.3	Descripción de los daños ambientales	6-236
6.8.3.1	Daños ambientales originados por la descarga de aguas continentales al Golfo de México	6-236
6.8.3.2	Daños ambientales y sociales originados por la industria petrolera	6-239
6.8.3.3	Daños ambientales y sociales derivados de actividades antropogénicas	6-242



6.8.3.4	Sobreexplotación del recurso pesquero	6-243
6.8.3.5	Conclusiones	6-244
6.9.	<i>Registro y descripción de daños preexistentes (pasivos ambientales)</i>	6-245
6.9.1	Infraestructura pre-existente	6-246
6.9.2	Información de las condiciones ambientales históricas	6-250
6.9.3	Sedimento marino	6-255
6.9.4	Conclusión	6-261
7.	Referencias	7-264
8.	Listas de tablas	8-292
9.	Lista de Figuras	9-296
10.	Lista de Gráficas	10-299
11.	Anexos	11-302
12.	Apéndices	12-303
13.	Cartografía	13-304



Glosario

CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
ERM México	Environmental Resources Management, México
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.	militros
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
SST	Sólidos Suspendidos Totales
HTP	Hidrocarburos totales de Petróleo
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno,
HM	Hidrocarburos Monoaromáticos (BTEX)
Cu	Cobre
V	Vanadio
Ni	Níquel
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 ^{VI}	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
S. C. L.	Embarcaciones
SEMAR	Secretaría 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
FL	Fración Ligera
FM	Fración Media
NMX	Norma Mexicana
HNO ₃	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 Rápida 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
LM	Micrómetros
nº células /l	Número de células por litro
m ³	Metros cúbicos
Draga Van Veen	Draga
	H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener
H' = - Σ pi Log ₂ 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 ₂ = 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 = $2 \sum (a_{ni} b_{nj}) / (d_a + d_b) aN$ bN	Indice Morisita-Horn
	CMH = Índice cuantitativo de similitud de Morisita-Horn.
	aN = Número total de individuos en el transecto A.
	a _{ni} = 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 E2-L
B2-Dsed	Muestra de sedimento para el punto E2-D
cel/L	Células 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 Acuicultura y Pesca
SC	Sociedades Cooperativas



OPOS	Otras Formas de Organización Social
UP	Unión 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 Alimentación
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

En México obtuvo la adjudicación del Área Contractual 1 mediante contrato CNH-R01-L02-A1/2015, firmado el 30 de noviembre 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 1, Golfo de México, obteniendo dicha autorización mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0257/2016.

Para la obtención de información primaria de Línea Base Ambiental se definió como área de estudio al polígono del Área Contractual 1, estableciéndose 12 Estaciones 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 una campaña de muestreo 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 la columna de agua. Los registros de concentración de oxígeno disuelto (entre 2.36 y 8.00 mL/L), turbidez (entre 0.89 y 1.75 UNT) y Sólidos Suspendidos Totales (entre 154 y 450 mg/L) estuvieron determinados mas bien por la profundidad.*
- *Los niveles de concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) e Hidrocarburos Monoaromáticos*



(BTEX) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos. Únicamente la muestra M3-S detectó hidrocarburos fracción pesada en una concentración de 6.5 mg/L por arriba del límite de la UNESCO (1976) (0.01 mg/L).

- Entre los nutrientes, la concentración de amonio se mantuvo en el rango de 0.027 a 0.155 mg/L, mientras que la de nitritos y nitratos varió entre 0.046 a 1.302 mg/L. Los valores de los silicatos-silice, varió entre 0.270 a 0.761 mg/L y la de Silicatos-Silicio varió entre 0.126 mg/L a 0.714 mg/L. En tanto que los niveles de fosfatos varió entre 0.054 a 0.209 mg/L. No se evidenciaron condiciones de eutrofización en la columna de agua.
- Los niveles de concentración de los metales "bario" (Ba), "cobre" (Cu), "cromo" (Cr), "estaño" (Sn), "mercurio" (Hg), "plomo" (Pb) y "zinc" (Zn) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- Por otro lado solo dos metales fueron detectados en tres muestras superando los límites referenciales, el cadmio, fue detectado en dos muestras M1-M en un concentración de 0.0004 mg/L y A2-S en una concentración de 0.0003 mg/L; las cuales exceden el criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (Cadmio = 0.00012 mg/L). Mientras que el Hierro, en la estación E3-F presentó una concentración de 0.0514 mg/L, superando ligeramente la norma internacional de la NOAA (Hierro = 0.0500 mg/L).

Y para calidad de sedimento marino se obtuvo lo siguiente:

- Al igual que en el agua de mar, las concentraciones de HTP y HAP estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- Los niveles de "mercurio" (Hg), "cadmio" (Cd), "cobre" (Cu), "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%).
- Todas las muestras presentaron concentraciones de Ni y cinco de ellas están por arriba del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA.
- Las concentraciones de "cromo hexavalente" (CrVI), "estaño" (Sn), "molibdeno" (Mo), "plata" (Ag) y "selenio" (Se), estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.
- La granulometría se caracterizó por la mayor presencia de la fracción "arena" respecto a la "arcilla" y "limo", determinándose una marcada dominancia de la textura arenosa (98.04%), con un contenido de materia orgánica entre el 0.32 a 1.973% y de carbono orgánico total entre 0.189 a 0.706%, %.
- Los valores de potencial redox variaron entre 214.13mV a 227.37 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.

La caracterización de la fauna íctica mediante actividades de pesca embarcada exploratoria en cuatro estaciones del área de estudio, se registraron 11 especies de peces y 03 especies de invertebrados marinos. Destacaron el “bagre” *Ariopsis felis*, “bandera” *Bagre marinus*, la “bota” *Ballistes capriscus*, la “cojinuda” *Carangoides bartholomaei*, “mojarra blanca”, la “sardina” *Harengula jaguana*, entre otros. Mientras que entre los invertebrados comerciales se identificaron: el “abulón” *Melongena melongena*, el “ostión” *Crassostrea virginica* y la “jaiba azul” *Callinectes sapidus*. Ninguna de ellas está incluida en alguna categoría de protección ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Como resultado de la pesca exploratoria en las algunas costeras, la laguna la Machona fue más diversa que la laguna El Carmen. En cuanto a las especies en las lagunas costeras destacar: “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “sardina” *Harengula jaguana*, “bagre” *Ariopsis felis*, “jaiba azul” *Callinectes sapidus* y “abulón” *Melongena melongena*, “sargo” *Archosargus probatocephalus*, “mojarra blanca” *Diapterus auratus*, “mojarra rayada” *Eugerres plumiere*, “trucha pintada” *Cynoscion nebulosus*, “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “quiebra cuchillo” entre otras.

Por otro lado, durante la evaluación de fauna marina (tortugas, aves y mamíferos) se registró la presencia de una especie de tortuga marina, la “tortuga caguama” (*Caretta caretta*). Respecto a las aves, en la zona marina se registró 07 especies agrupadas en 05 familias y 04 órdenes taxonómicos, siendo las especies con mayor número de registros fueron la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), y el “pelicano” (*Pelecanus occidentalis*). Entre los mamíferos, se reportó presencia del “delfín pantropical” o “delfín moteado” *Stenella aterna* y la “tonina” *Tursiops truncatus*, ambas especies están incluida en la categoría de Sujetas a Protección (Pr) de la NOM-059-SEMARNAT-2010. En la zona costera se registró un total de 263 individuos de 19 especies agrupados en 14 familias y 8 órdenes. Mientras que en la zona del Complejo lagunar Del Carmen-Machona registró 1,505 individuos de 14 especies agrupados en 9 familias y 5 órdenes. La Isla El Pajara, ubicada en la Laguna del Carmen, es el área donde se encuentra la mayor abundancia de aves. Cabe indicar que no se han identificado zonas prioritarias de anidación en el sector de costa ubicado frente al Área Contractual 1.

Diversos organismos bentónicos guardan relación con el tipo de sedimento y profundidad de muestreo, hallándose diferencias en su composición (número de especies, abundancias y biomasa (g)) entre estaciones.

De las 12 estaciones evaluadas del área de muestro se registró 93 especies, colectándose un total de 9,600 individuos con una biomasa acumulada de 205.902 g.



Se identificaron 7 grupos taxonómicos siendo los de mayor riqueza, número de individuos y biomasa, los Phylum Annelida (oligoquetos y poliquetos), Arthropoda (crustáceos) y Mollusca (gasterópodos, bivalvos y escafópodos), caso contrario se presentó en el Phylum Nemertea seguida del grupo taxonómico denominado "Otros", que incluyen a los organismos de los Phylum Echinodermata, Sipuncula y Chordata. Las especies de estas taxas fueron colectados en mayor concentración en estadio juvenil.

Los parámetros biológicos (riqueza de especies, números de individuos y de biomasa (g)) muestran que: En un gradiente de profundidad (entre los 12 m a 30 m) hay una tendencia decreciente conforme incrementa la profundidad de muestreo.

La estación A3 a una profundidad de 12 m fue la de mayor riqueza de especies (en total 27) y la más abundante (1,660 ind/m²) seguida de la T1 con un total de 24 especies y 1300 ind/m², ésta estación fue la de mayor biomasa (115.04 g/m²) del área de muestreo.

Las especies de mayor abundancia fueron los poliquetos *Dasybranchus lumbricoides*, seguida del *Scoletoma verrilli*, *Nereis falsa* y *Oruphis* sp. en la estación A3, en la T1 fueron los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, seguida del *Sthenelais* sp. y de los crustáceos Tanaidacea y *Ampelisca araucana*. La abundancia de estas especies estaría relacionada al tipo de sustrato (lodo arenoso con restos de conchuelas) en ambas estaciones.

En lo que concierne a Áreas Sensibles, el Área Contractual 1 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 1 ni Áreas Naturales Protegidas (ANP) en sus inmediaciones.

No existen ANP en las inmediaciones del Área Contractual 1, la más cercana sería la Reserva de la Biósfera "Los Tuxtlas" en el estado de Veracruz, la cual se ubica a una distancia aproximada de 80 km del Campo Amoca-1 del Área Contractual 1. Cabe señalar que otras Áreas Naturales Protegidas son la Reserva de Biósfera de los Pantanos de Centla (ubicada a 90 km), además el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (a 126 km de distancia) ambos al este de la ubicación del Área Contractual 1 Campo Tecoalli-1.

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 1. 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.

Sobre los efectos biológicos, no se reportaron valores de sedimento que puedan afectar a la comunidad bentónica del área de estudio, presentándose concentraciones de metales por debajo del nivel de referencia a excepción de níquel. Asimismo, los valores de hidrocarburos en sedimento se reportaron por debajo del límite de detección del método analítico, por lo cual no se espera que los parámetros criterio representen una amenaza para el microhábitat circundante y las comunidades bénticas asociadas al sedimento.

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.

En el área contractual no se observan plataformas y no se reportan ductos u otra infraestructura presente que esté en operación.

Y en lo que se refiere a los daños preexistentes o pasivos ambientales, la investigación bibliográfica realizada indica que los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1 se exploraron entre el 2002 y el 2012. Sin embargo, los tres pozos fueron sellados posteriormente a las pruebas de producción.

La ASEA, menciona que “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”. Además indica que, “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”.

De acuerdo con la información bibliográfica, el Área Contractual 1 se ha visto impactada por actividades antropogénicas como la extracción de hidrocarburos, pesca, tráfico marino, diversas industrias y desechos urbanos, entre las principales, que se han llevado a cabo históricamente en la zona costera y marina,



impactando por tanto los ecosistemas marinos desde tiempos previos a la instalación de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1.

Asimismo, la presencia de metales en sedimento como el níquel, bario, plomo y zinc en los resultados de laboratorio correspondientes a la zona de evaluación, podrían ser indicador de que su presencia responde a la propia geoquímica del golfo, además de los aportes de origen antrópico cuyo origen podría ser el aforo de los ríos y las actividades propias de la industria del petróleo, específicamente la descarga de cortes y lodos que podrían haberse dado de manera incidental. Sin embargo a pesar de presentarse dichos metales en el sedimento del área de estudio, las concentraciones detectadas se encuentran por debajo de los niveles guías de referencia y no representarían de mayor riesgo para el ecosistema en cuanto a sus efectos biológicos.

Por otro lado, el resultado del muestreo de agua, obtenido en las evaluaciones de los campos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1, indica detecciones de hierro (1 muestra) y cadmio (2 muestras) por arriba de los criterios de comparación de la CMME para exposición a largo plazo para el cadmio y de la norma internacional de la NOAA (hierro). Además del resultado del muestreo del sedimento, todas las muestras presentaron concentraciones de níquel y 5 de ellas están por arriba del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA. Asimismo, 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.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, y a las definiciones de la autoridad se concluye que hay evidencia de daño ambiental en el ecosistema marino del área del proyecto, campos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1. Asimismo, no se puede determinar que en el área del proyecto se haya provocado un pasivo ambiental independientemente de la causa u origen de cualesquier daños ambientales.



1. Introducción

eni México (en lo sucesivo “eni”), obtuvo la adjudicación del Área Contractual 1 mediante el contrato CNH-R01-L02-A1/2015, firmando dicho contrato el 30 de noviembre de 2015. Tal como lo señalado en los incisos 3.4 y 13.4 de dicho contrato referente a la Etapa de Transición de Arranque, eni 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 ASEA/UGI/DGGEERC/128/2016 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), solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Líneas Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 1, Golfo de México, obteniendo dicha autorización el día 22 de marzo de 2016 mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0257/2016 (el “Oficio de Aceptación de la Propuesta de Línea Base Ambiental”).

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 5 al 7 de abril 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 eni 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 13.4.

- ***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 1 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.

Como se establece en el contrato CNH-R01-L02-A1/2015 el Área Contractual 1 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 1*

<i>Bloque</i>	<i>Ubicación (coordenadas UTM 15 Sur)</i>	
	<i>X</i>	<i>Y</i>
Amoca-1	-93.8750	18.3583
	-93.8750	18.3500
	-93.8583	18.3500
	-93.8583	18.3417
	-93.8500	18.3417
	-93.8500	18.3333
	-93.8417	18.3333
	-93.8417	18.3167
	-93.8833	18.3167
	-93.8833	18.3250
	-93.8917	18.3250
	-93.8917	18.3333
	-93.9000	18.3333
	-93.9000	18.3500
	-93.8917	18.3500
Miztón -1	-93.8917	18.3583
	-93.7750	18.4250
	-93.7750	18.4167
	-93.7667	18.4167
	-93.7667	18.3917
	-93.7833	18.3917
	-93.7833	18.3833
	-93.7917	18.3833
	-93.7917	18.3750
	-93.8000	18.3750
	-93.8000	18.3833
	-93.8083	18.3833
	-93.8083	18.4000
	-93.8000	18.4000
	-93.8000	18.4083
-93.7917	18.4083	
-93.7917	18.4250	
Tecoalli-1	-93.6750	18.4500



Bloque	Ubicación (coordenadas UTM 15 Sur)	
	X	Y
	-93.6833	18.4500
	-93.6833	18.4833
	-93.6583	18.4833
	-93.6500	18.4833
	-93.6500	18.4750
	-93.6583	18.4750
	-93.6583	18.4667
	-93.6667	18.4667
	-93.6667	18.4583
	-93.6750	18.4583
	-93.6917	18.4167
	-93.7083	18.4167
	-93.7083	18.4250
	-93.7167	18.4250
	-93.7167	18.4667
	-93.7083	18.4667
	-93.7083	18.4750
	-93.7000	18.4750
	-93.7000	18.4833
	-93.7000	18.4917
	-93.6583	18.4917
	-93.6833	18.4333
	-93.6917	18.4333

Fuente: ERM, 2016

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.

La campaña oceanográfica en el Área Contractual 1 se realizó durante tres (03) días, y se recabaron datos primarios en 12 estaciones de muestreo (Tabla 2.2), se recorrieron 86 millas náuticas en transectos para la observación de fauna marina (tortugas, aves y mamíferos marinos) y se realizó pesca exploratoria en tres (03) puntos. Cabe destacar que una estación de muestreo corresponde a los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoailli-1.



Tabla 2.2 *Estaciones de muestreo dentro del Área Contractual 1*

Estación de Muestreo	Ubicación (coordenadas UTM 15 Sur)		Estación de Muestreo	Ubicación (coordenadas Geográficas 15 Sur)	
	X	Y		X	Y
A1	405722	2028297	A1	-93° 53.537	18° 20.543
A2	408058	2027296	A2	-93° 52.208	18° 20.014
A3	410261	2025928	A3	-93° 50.953	18° 19.270
M1	415622	2033132	M1	-93° 47.927	18° 23.190
M2	417232	2034459	M2	-93° 47.016	18° 23.913
M3	417672	2036882	M3	-93° 46.772	18° 25.228
T1	426218	2037448	T1	-93° 41.919	18° 25.570
T2	426625	2040779	T2	-93° 41.695	18° 27.372
T3	428753	2043174	T3	-93° 40.491	18° 28.664
E1	428422	2048229	E1	-93° 45.880	18° 27.099
E2	419207	2028899	E2	-93° 45.881	18° 20.903
E3	403104	2023196	E3	-93° 55.009	18° 17.770

Fuente: ERM, 2016

En las estaciones de muestreo se evaluaron parámetros fisicoquímicos y biológicos en tres alturas de la columna de agua y de sedimento marino. Las muestras tomadas han sido analizadas por los laboratorios Intertek Testing Services S.A. de C.V. (ITS) acreditado 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); el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional.

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 eni desarrollará sus actividades únicamente dentro del Área Contractual 1 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 1, tal y como se describe en la sección correspondiente de este documento.



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 1 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 1.

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;
- Determinar la presencia de algún indicio de contaminación y daños preexistentes en la zona de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1;
- 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; y,
- Presentar una conclusión global sobre las condiciones ambientales imperantes en el área.



4.2. Embarcaciones

4.2.1 Evaluación marina ambiental

La línea de base marina se realizó con el apoyo de embarcaciones menores o “pangas”, las cuales fueron contratadas en la ciudad de Sanchez Magallanes. Se arrendaron 04 pangas y se realizaron las evaluaciones abióticas y bióticas; una embarcación se destinó para para la evaluación de pesca exploratoria y 03 pangas para la evaluación de las componentes de plancton, aves, mamíferos marinos y la colecta de bentos, agua y sedimentos, las características de las embarcaciones empleadas se detallan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Características de las embarcaciones menores empleadas durante la evaluación ambiental

Nombre de	Aylin	Emir	Romina	Séne
Tipo de embarcación	Menor	Menor	Menor	Menor
Servicio	Evaluación de Plancton	Evaluación de Pesca	Evaluación de fauna	Evaluación Físicoquímica y Bentos
Arqueo bruto (ton)	1.20	1.20	1.20	1.20
Arqueo neto (ton)	0.84	0.84	0.84	0.84
Eslora (m)	7.61	7.62	7.61	7.61
Manga (m)	1.82	1.80	1.82	1.82
Puntal (m)	0.70	0.72	0.70	0.70
Material del casco	Fibra de vidrio/ policarbonato	Fibra de vidrio/ policarbonato	Fibra de vidrio/ policarbonato	Fibra de vidrio/ policarbonato
Potencia del motor	Yamaha 60	Yamaha 44	Yamaha 60	Yamaha 60

Fuente: Certificado Nacional de Seguridad de las embarcaciones Aylin, Emir, Romina y Séne

4.2.2 Evaluación de Fauna Costera y Lagunar

De manera complementaria se realizó una caracterización de la fauna costera y de la fauna del Sistema Lagunar El Carmen - Pajonal -La Machona, ubicados en la zona costera frente al área del Proyecto.

Para las evaluaciones costeras (orilla de playa), se establecieron puntos de muestreo representativos a lo largo de la costa, y se utilizó un vehículo para acceder a las inmediaciones de los mismos. Las evaluaciones de fauna se realizaron a pie realizando observaciones ambientales y de la fauna costera.

Las evaluaciones en el Sistema Lagunar, se realizaron mediante el uso de una embarcación en un derrotero paralelo a la costa de cada una de las lagunas mencionadas, en el cual permitió realizar las observaciones ambientales y de la fauna del Sistema Lagunar.



4.2.3

Pesca Embarcada Exploratoria

Para las actividades de pesca exploratoria se empleó la panga EMIR (Figura 4.1), en la cual se embarcaron un motorista y dos auxiliares de pesca como dotación para manipular las artes de pesca, las características de la embarcación se detalla en la Tabla 4.2.

Es preciso mencionar, que previamente a la charla de seguridad de 5 minutos, y antes de realizar el zarpe, todas las embarcaciones fueron inspeccionadas por los Oficiales de Seguridad en Campo (FSO), verificando la implementación de los elementos de seguridad y navegación, los cuales constan en sus respectivos Certificados de Seguridad. Además según la NOM 034-SCT4-2009, se establecen los equipos mínimos de salvamento, comunicación y navegación que deben llevar embarcaciones menores a 15 m de eslora sin cubierta. Además, con el fin de evitar una menor exposición del personal a la radiación solar, se acondicionó una “cubierta temporal” que permitió mantener a toda la tripulación bajo la sombra del mismo.

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



Fuente: ERM, 2016

Figura 4.1 *Embarcación utilizada para la evaluación de pesca exploratoria*

La bitácora de campo del presente estudio de puede observar en el Anexo 5.4



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*

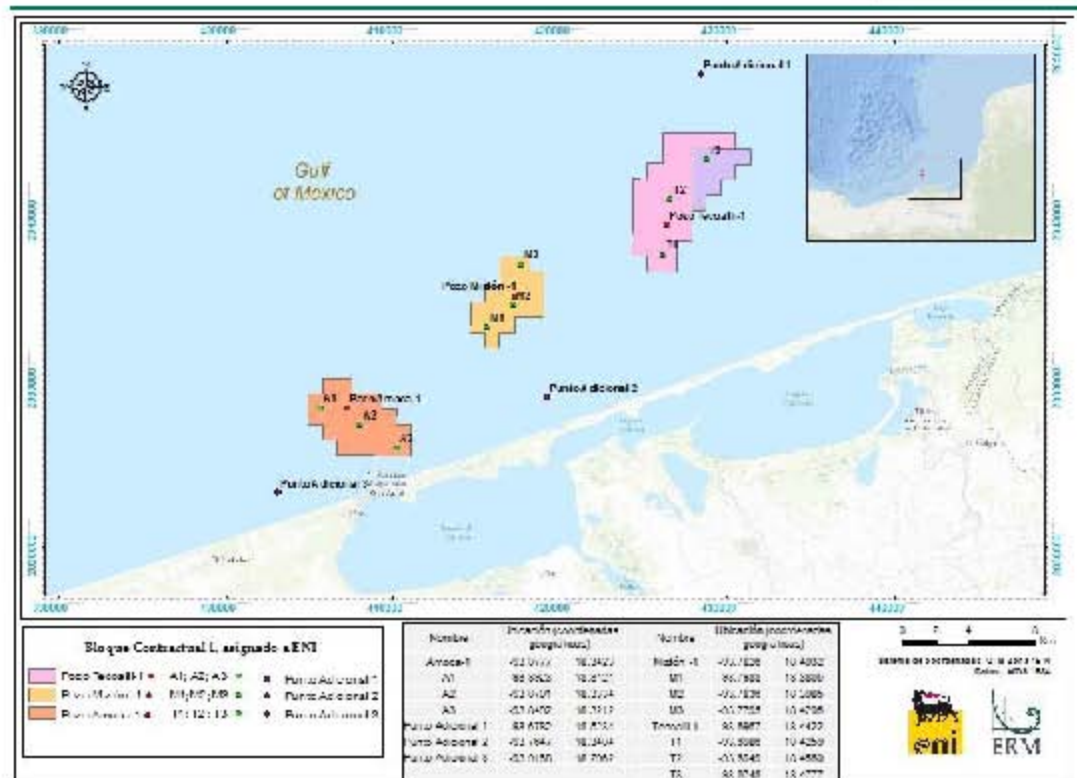
A partir de la información obtenida en el contexto regional se realizó una revisión bibliográfica a nivel local, como parte de la Fase I. Así mismo, se realizó una evaluación rápida en campo (scoping), la cual permitió determinar el esfuerzo muestral y los parámetros a considerar en la línea base ambiental marina. Esta 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 visitas fueron Sánchez Magallanes, Allende y Cuahuternotzin 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 1, 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 1, fue previamente establecida por la Comisión Nacional de Hidrocarburos a través de la licitación CNH-R01-L02/2015. Dicha área está definida por las coordenadas geográficas que se aprecian en la Figura 5.1 y se pueden observar en la Figura 5.1.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.1 Ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo en el Área Contractual 1

5.1.2.2 Ubicación de las Estaciones de muestreo

Dentro de esta área se seleccionaron 12 estaciones de muestreo, de las cuales se obtuvieron las muestras para los diversos parámetros a evaluar (ver Tabla 5.1). 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 1, por lo que se ha establecido un esfuerzo de 12 estaciones consideradas a su vez como réplicas, incluyendo un sitio de muestreo en la ubicación de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1, reportado dentro del Área Contractual.

En cada estación a su vez se evaluaron 03 muestras y/o mediciones de agua, 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.



Tabla 5.1 *Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación*

Estación de Muestreo	Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 15 Q)		Profundidad	Fecha de muestreo
	Este	Norte		
A1	405722	2028297	15	05-abr
A2	408058	2027296	14	05-abr
A3	410261	2025928	12	06-abr
M1	415622	2033132	29	06-abr
M2	417232	2034459	29	06-abr
M3	417672	2036882	30	06-abr
T1	426218	2037448	30	07-abr
T2	426625	2040779	30	07-abr
T3	428753	2043174	30	07-abr
E1	428422	2048229	30	07-abr
E2	419207	2028899	12	06-abr
E3	403104	2023196	12	05-abr

Fuente: ERM, 2016

Por otro lado para la caracterización pesquera es preciso indicar que el Área Contractual 1 se ubica en la plataforma continental frente al estado de Tabasco, aproximadamente a 1.80 km de 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 II del Golfo de México (Figura 5.2).

En el marco contextual local del Área Contractual 1 se establecieron tres (03) zonas de pesca; ubicando una estación en cada pozo: Amoca-1 (estación A-3), Miztón-1 (estación M-2) y Tecoalli-1 (estación T-3). De manera complementaria, se estableció una estación en la Laguna del Carmen (estación LC-1) y otra en la Laguna Machona (estación LM-1), con la finalidad de caracterizar la fauna íctica local del Sistema Lagunar del Carmen-Pajonal-Machona.

La elección de las estaciones de muestreo de pesca exploratoria, obedece a criterios de representatividad espacial del Área Contractual 1, teniendo en consideración que las estaciones marinas se ubican en veriles batimétricos heterogéneos. Mientras que, para el caso del Sistema Lagunar Carmen - Machona, se consideró definir dos estaciones con la finalidad de caracterizar una mayor diversidad íctica, la cual interactúa con las zonas costeras del Área Contractual 1; es preciso destacar que la distancia entre las estaciones marinas y las estaciones lagunares no sobrepasan las 6 millas náuticas.



Igualmente, 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.



Fuente: Biodiversidad, 2015

Figura 5.2 *Distribución de Zonas Pesqueras en México.*

5.1.3 *Clima y meteorología*

Esta sección fue elaborada con base a información secundaria tomada de estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio y que cuenten con registros lo suficientemente representativos, así como de información bibliográfica.

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).

5.2.1 *Calidad de Agua de Mar*

Para las determinaciones de calidad del agua de mar del Área Contractual 1, se definieron 12 estaciones de muestreo, las cuales se distribuyeron de la siguiente



manera: tres estaciones por campo en los tres campos del Área Contractual 1 (Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1) y tres estaciones en el área externa a los campos (ver Figura 5.3).

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

- A1, A2 y A3 en el campo Amoca-1.
- M1, M2 y M3 en el campo Miztón-1.
- T1, T2 y T3 en el campo Tecoalli-1.
- E1, E2 y E3 en el área externa a los campos antes mencionados.

En cada campo se localiza un pozo petrolero antes explorado por PEMEX, por lo cual, las tres estaciones de muestreo consideradas por campo tuvieron el fin de evaluar las características fisicoquímicas del agua marina, así mismo permitieron determinar potenciales Daños Preexistentes.

En cada estación de muestreo se colectaron muestras a tres profundidades, obteniéndose un total de 36 muestras de agua de mar. Para la obtención de las muestras de agua de mar se utilizaron dos botellas Niskin con capacidad de 5 L (Figura 5.3). En cada estación las botellas fueron lanzadas para coleccionar muestras de agua a tres profundidades (superficie, media y fondo) y analizar los diferentes parámetros solicitados por la ASEA.



Fotografía eliminada por ser dato personal.
Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Fuente: ERM, 2016

Figura 5.3 Botella Niskin utilizada en el muestreo de agua

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.



Así mismo, se llevó a cabo el registro de parámetros de campo (salinidad, temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez) en la columna de agua a las tres profundidades. La medición de estos parámetros se realizó con un equipo multiparamétrico de la marca HANNA Instruments modelo 9829, debidamente calibrado. En el *Anexo 5.1* se presenta el certificado de calibración de este equipo de campo, así como la bitácora con los registros.

El análisis de las muestras lo 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 5.2*).

Los parámetros de calidad de agua de mar se analizaron de acuerdo a los lineamientos de la ASEA y a los Términos de Referencia, así como los métodos de análisis y tipo de contenedor. Las muestras de agua se analizaron para uno o más de los parámetros listados a continuación en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 *Parámetros analíticos de calidad del agua de mar*

<i>Parámetro</i>		<i>Método</i>	<i>Contenedor</i>
Salinidad		SM 2520-Ed.20th1998	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		Medición en campo	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 ¹		No disponible	Medición en campo
Clorofila a ²		SM 10200H Ed.19-1995	Vidrio ámbar 1 L
Sólidos Suspendidos Totales		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

¹ La fluorescencia del agua de mar no se pudo medir debido a que el equipo de campo no cuenta con un sensor para este parámetro, así mismo, el laboratorio analítico no tiene una metodología para su análisis.

² Cabe mencionar que la clorofila b y c no fue analizada debido a la dificultad técnica de evaluar dichos parámetros en agua marina.



Parámetro		Método	Contenedor
	Fración Pesada (FP)	EPA 3510C-1996 / EPA 1664-1999	Vidrio ámbar de 1 L + HCl
Hidrocarburos Aromáticos		EPA 8270 D-2007	Vidrio ámbar de 1 L
Hidrocarburos		EPA 8260C-2006	Vial ámbar de 40 ml + HCl
Amonio (Nitrógeno)		EPA 350.1 - 1993	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Nitritos		EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Nitratos		EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Fosfatos		EPA 350.1 - 1993	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Silicatos (Sílice)		EPA 6010C-2007	Plástico de 1 L + HNO ₃
Metales (Hierro, Zinc,		EPA 6010C-2007 / NMX-	Plástico de 1 L + HNO ₃ y plástico de
Demanda Bioquímica de		NMX-AA-028-SCFI-2001	Plástico de 1 L
Demanda Química de		NMX-AA-030/1-SCFI-2012	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Coliformes Fecales		NMX-AA-042-1987	Plástico Estéril de 125 mL + pastilla
Coliformes Totales		NOM-112-SSA1-1994	Plástico Estéril de 125 mL + pastilla

Fuente: ERM, 2016

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 que se realizan en agua, para los parámetros acreditados y aprobados 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

Originalmente, para la determinación de calidad del sedimento marino se propuso evaluar 12 estaciones de muestreo ubicadas en las mismas coordenadas que las estaciones de evaluación de agua, sin embargo, en campo sólo se

² Cabe señalar que el parámetro Ar (Argón) no fue analizado al no existir una metodología de laboratorio para su análisis.



colectaron 10 muestras (incluyendo un duplicado) en las estaciones A1, A2, A3, M1, T1, T2, T3, E2 y E3. En las estaciones M2, M3, y E1 no se colectó muestra de sedimento marino debido a que el material era arena muy gruesa con grava, tal condición dificulta la representatividad de las muestras.

Para la obtención de las muestras se utilizó una draga Van Veen que colecta sedimento del fondo marino a la profundidad máxima de cada estación de muestreo. Este equipo aseguró la integridad de la muestra a medida que se elevaba hacia la superficie y tiene una capacidad de 5 Kg de sedimento (Figura 5.4).

El sedimento obtenido se colocó en los contenedores para el análisis de cada parámetro los cuales fueron etiquetados, sellados y empaquetados para su almacenamiento en hieleras a 4 °C, manteniendo la cadena de frío necesaria para su adecuada conservación, hasta su ingreso al laboratorio.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.4 *Muestreador de Sedimentos (draga Van Veen)*

Los parámetros de calidad de sedimento se analizaron de acuerdo a los lineamientos de la ASEA y los Términos de Referencia, así como los métodos de análisis y tipo de contenedor, como se listan en la Tabla 5.3.

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 PFFA-APR-LP-RP-0012/13, para esta matriz.



Tabla 53 *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*		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	Fracción Ligera	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
	Fracción Media	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
	Fracción Pesada	NOM-138-SEMARNAT/SSA1-2012	Vidrio de 125 ml
Metales (Hierro, Zinc, Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo, 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

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 SQURTs 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.

* Cabe señalar que el parámetro contenido de oxígeno no fue analizado al no existir una metodología de laboratorio.



5.3. Medio Biótico

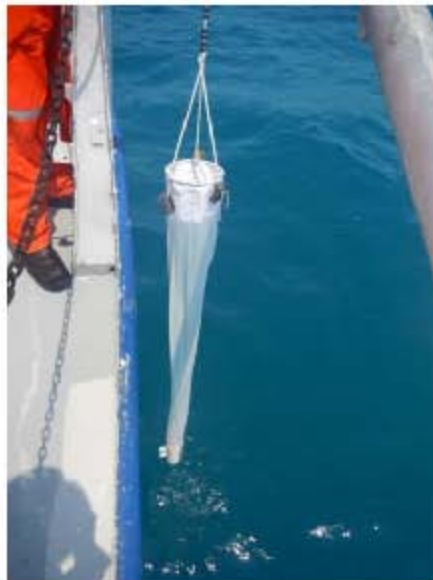
5.3.1 Fitoplancton

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 Estaciones 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 μm de abertura de malla a lo largo de la columna de agua (Figura 5.5). Las 12 muestras obtenidas, fueron debidamente rotuladas y acondicionadas, y preservadas con solución de formalina al 4% neutralizada con bórax.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.5 Red estándar de 20 μm empleada para la colecta de muestras de fitoplancton

La información de campo relativa a la colecta de muestras de fitoplancton de red se presenta en la Tabla 5.4.



Tabla 5.4 *Relación de muestras de fitoplancton de red colectadas en el Área Contractual 1*

Código de Muestra/ Estación Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 15Q)		Muestreo		Profundidad (m)	Volumen(m3)
	Este	Norte	Fecha	Hora		
A1	405722	2028297	05/04/2016	11:35	12	0.85
A2	408058	2027296	07/04/2016	14:30	11	0.78
A3	410261	2025928	05/04/2016	12:50	9	0.64
M1	415622	2033132	06/04/2016	10:40	26	1.84
M2	417232	2034459	06/04/2016	12:15	26	1.84
M3	417672	2036882	06/04/2016	13:50	27	1.91
T1	426218	2037448	07/04/2016	13:25	27	1.91
T2	426625	2040779	07/04/2016	12:05	27	1.91
T3	428753	2043174	07/04/2016	11:05	27	1.91
E1	428422	2048229	07/04/2016	09:30	27	1.91
E2	419207	2028899	06/04/2016	08:35	9	0.64
E3	403104	2023196	05/04/2016	09:15	9	0.64

Nota: (Vol) Volumen Estimado de Agua Filtrada(m³), (Profundidad) Profundidad de arrastre (m), (Hora) Hora de muestreo.

Fuente: ERM, 2016

El análisis de las muestras estuvo a cargo del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México (ICMyL)⁵, 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.

5.3.1.2 Muestreo Cuantitativo

En el estrato superficial y de fondo de cada punto de muestreo se captó con botella Niskin un volumen conocido de agua (250 mL), el cual fue vertido en un frasco de vidrio ámbar de igual capacidad conteniendo una solución preservante de lugol acético.

La información de campo relativa a la colecta de muestras de fitoplancton de botella se presenta en la Tabla 5.5.

El tratamiento y análisis de las 24 muestras colectadas también se realizó en los laboratorios del ICMyL 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” (nº

⁵ 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').

Tabla 55 *Relación de muestras de fitoplancton de botella colectadas en el Área Contractual 1*

Código de Muestra / Estación Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 15Q)		Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Profundidad(m)
	Este	Norte			
A1 (Superficie)	405722	2028297	05/04/2016	11:35	1
A1 (Fondo)					13
A2 (Superficie)	408058	2027296	07/04/2016	14:30	1
A2 (Fondo)					12
A3 (Superficie)	410261	2025928	05/04/2016	12:50	1
A3 (Fondo)					10
M1 (Superficie)	415622	2033132	06/04/2016	10:40	1
M1 (Fondo)					27
M2 (Superficie)	417232	2034459	06/04/2016	12:15	1
M2 (Fondo)					27
M3 (Superficie)	417672	2036882	06/04/2016	13:50	1
M3 (Fondo)					28
T1 (Superficie)	426218	2037448	07/04/2016	13:25	1
T1 (Fondo)					28
T2 (Superficie)	426625	2040779	07/04/2016	12:05	1
T2 (Fondo)					28
T3 (Superficie)	428753	2043174	07/04/2016	11:05	1
T3 (Fondo)					28
E1 (Superficie)	428422	2048229	07/04/2016	09:30	1
E1 (Fondo)					28
E2 (Superficie)	419207	2028899	06/04/2016	08:35	1
E2 (Fondo)					10
E3 (Superficie)	403104	2023196	05/04/2016	09:15	1
E3 (Fondo)					10

Fuente: ERM, 2016

5.3.2 *Zooplankton e Ictioplankton*

El muestreo de esta fracción se realizó mediante arrastres oblicuos con una red Calcofi de 333 μm de abertura de malla provista de un flujómetro General Oceanics 2030R para estimar el volumen filtrado de agua.



Se efectuó un arrastre oblicuo en cada punto de muestreo y el material biológico retenido, básicamente organismos del zooplancton e ictioplancton, fue colectado en un frasco hermético de plástico de 1 000 ml de capacidad y preservado con solución de formalina al 4% neutralizada con bórax.

La información de campo relativa a la colecta de muestras de zooplancton e ictioplancton se presenta en la Tabla 5.6.

El tratamiento y análisis de estas 12 muestras se realizó en los laboratorios del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional.

Los organismos presentes fueron determinados hasta el menor nivel taxonómico posible diferenciando su pertenencia a los grupos de copépodos, cladóceros, apendicularias, cnidarios, ictioplancton (huevos y larvas de peces), entre otros; y los resultados de los conteos fueron expresados cuantitativamente en términos de número de organismos por m³ de agua de mar.

Tabla 5.6 *Relación de muestras de zooplancton e ictioplancton colectadas en el Área Contractual 1*

Código de Muestra / Estación Muestreo	Coordenadas UTM WGS 84 (Zona 15Q)		Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Volumen Estimado de Agua Filtrada (m ³)
	Este	Norte			
A1	405722	2028297	05/04/2016	11:35	98.78
A2	408058	2027296	07/04/2016	14:30	83.73
A3	410261	2025928	05/04/2016	12:50	90.27
M1	415622	2033132	06/04/2016	10:40	100.36
M2	417232	2034459	06/04/2016	12:15	95.88
M3	417672	2036882	06/04/2016	13:50	102.35
T1	426218	2037448	07/04/2016	13:25	89.80
T2	426625	2040779	07/04/2016	12:05	74.42
T3	428753	2043174	07/04/2016	11:05	98.61
E1	428422	2048229	07/04/2016	09:30	73.46
E2	419207	2028899	06/04/2016	08:35	95.08
E3	403104	2023196	05/04/2016	09:15	90.88

Fuente: ERM, 2016

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 µm), meibentos (<500 µm y >63 µm) y microbentos (<63 µm). 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.

La colecta de muestras de macrobentos de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 1, se obtuvieron mediante el uso de una draga Van Veen obteniéndose un total de 12 muestras de las estaciones ubicadas de acuerdo a los criterios antes mencionados (Tabla 5.7).

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 laboratorio. La identificación de bentos fue realizada por la [REDACTED] [REDACTED] Especialista de ERM, en las instalaciones del IPN.

Eliminado nombre por ser dato personal. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

Tabla 5.7 Ubicación de las Estaciones de Muestreo de macrobentos en el Área Contractual 1

Código muestra	Coordenadas UTM		Profundidad (m)	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
	(WGS 84, Zona 15 Q)				
	Este	Norte			
A1	18° 20.543	93° 53.537	15	05-abr	11:35
A2	18° 20.014	93° 52.208	14	05-abr	14:30
A3	18° 19.270	93° 50.953	12	06-abr	12:50
M1	18° 23.190	93° 47.927	29	06-abr	10:40
M2	18° 23.913	93° 47.016	29	06-abr	12:15
M3	18° 25.228	93° 46.772	30	06-abr	13:50
T1	18° 25.570	93° 41.919	30	07-abr	13:25
T2	18° 27.372	93° 41.695	30	07-abr	12:05
T3	18° 28.664	93° 40.491	30	07-abr	11:05
E1	18° 27.099	93° 45.880	30	07-abr	09:30
E2	18° 20.903	93° 45.881	12	06-abr	08:35
E3	18° 17.770	93° 55.009	12	05-abr	09:15

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 (10000µm, 5000µm y 1000 µm 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, tarrines, 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:

$$H' = -\sum pi \text{Log}_2 pi$$

Donde pi 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).

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

$$E = \frac{H'}{\text{Ln}S}$$

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 (C_j) (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.

$$CMH = 2 \sum \frac{(a_i n_i b_j)}{(d a + d b) a N b N}$$

aN = Número total de individuos en el transecto A.

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



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 de la embarcación. 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) de la evaluación marina en el Área Contractual 1

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 5.8. Además, se identificaron aquellas especies categorizadas en alguna lista de conservación (nacional y/o internacional).

Tabla 5.8 *Metodologías para la Evaluación de Aves Marinas Observación Directa en Transectos en Línea*

<i>Parámetro a Medir</i>	<i>Unidad</i>
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)

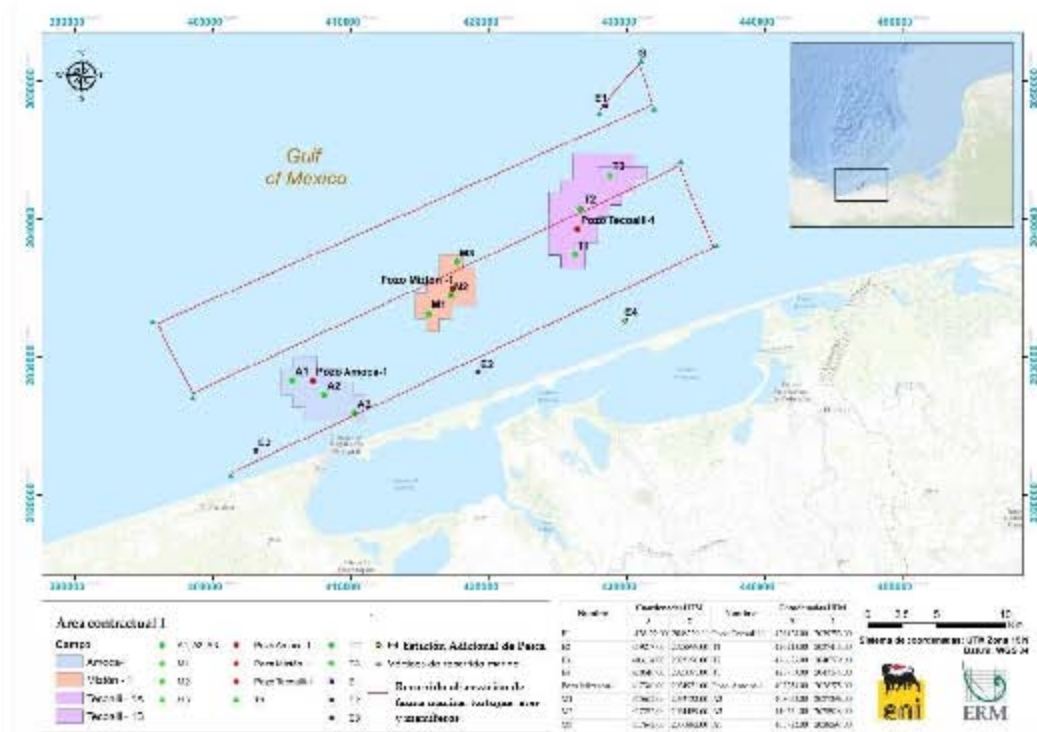
Fuente: ERM, 2016 y UNOLS, 1999; Wennemer et al., 1998

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 (Figura 5.6). Se registró la especie, el número de individuos, las coordenadas de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, estado del tiempo, entre otros.

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 5.6 Derrotero de evaluación de fauna marina: tortugas, aves y mamíferos

Evaluación Costera y Lagunar

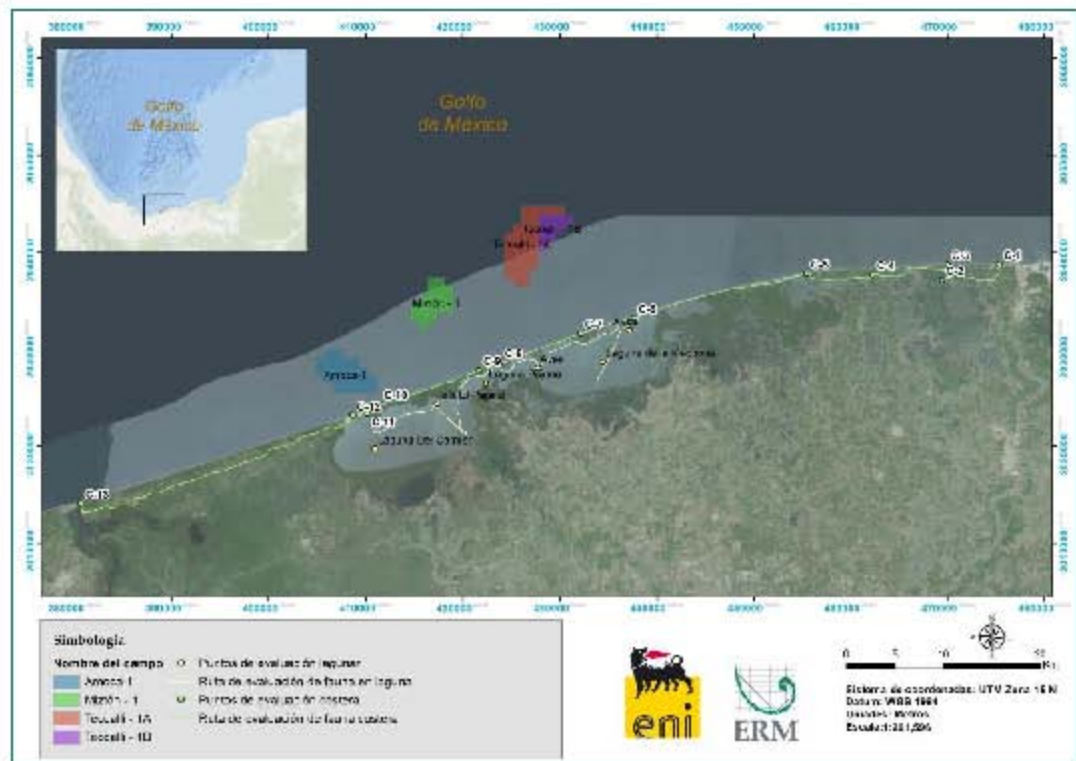
Adicionalmente se realizó una caracterización de la avifauna de la zona costera y del Sistema Lagunar del Camen-Pajonal-Machona (Figura 5.7).

La evaluación costera consistió en realizar un recorrido terrestre desde Paraíso hasta Cuahutemoczin y consistió en conteos de aves en puntos representativos en el área costera correspondiente con el área del Proyecto. Se evaluó un total de 13 puntos, anotándose datos biológicos y ambientales de cada punto de muestreo.



Durante el recorrido se realizaron observaciones asistemáticas con la finalidad de incrementar la riqueza de especies de cada área evaluada.

La evaluación de avifauna lagunar, fue realizada mediante una embarcación (panga Emir) recorriendo las zonas costeras de las zonas fluviales: Laguna del Carmen, la isla El Pajalar, la laguna El Pajonal y la Laguna la Machona, realizándose conteos de aves a lo largo del borde costero paralelo a la costa marina.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.7 Evaluación de Fauna Costera y Lagunar

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 de la embarcación. 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) de evaluación marina en el Área Contractual 1 (ver Figura 5.6)



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, tal como se observa en la 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 (Ver Figura 5.6). 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 5.9).

Tabla 5.9 *Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas*

<i>Parámetro a Medir</i>	<i>Unidad</i>
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, 2016

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.

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).

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 03 redes superficiales de tamaños de malla de 1, 2 y 3 pulgadas, encabalgadas en serie y sumando una longitud total de 150 m.

La actividad de pesca se llevó a cabo en 03 estaciones cerca de los pozos Amoca-1 (estación A-3), Miztón-1 (estación M-2) y Tecoailli-1 (estación T-3). Además se consideró establecer una estación en la Laguna del Carmen (estación LC-1) y otra en la Laguna Machona (estación LM-1), a efectos de caracterizar la diversidad ictica local lagunar (ver Figura 5.8).

Para la presente evaluación pesquera, tanto en el Área Contractual 1 como en el Sistema Lagunar Carmen - Machona, se utilizaron artes de pesca complementarios, tales como cordeles, espineles de fondo y atarrayas. Estos aparejos de pesca son empleadas por los pescadores artesanales de Sánchez Magallanes (Tabasco).

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



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.8 Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 1.

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 se traduce en una mayor representatividad geográfica de las especies que habitan las zonas evaluadas, además con la distribución vertical de las redes superficiales y espineles de fondo en las estaciones T-3, M-2 y A-3 se permitirá caracterizar cualitativamente la presencia de especies neríticas (taxa asociadas a la columna de agua) o bentónicas (taxa asociadas al fondo marino), las características de los artes de pesca se detallan en la Tabla 5.10.



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 enmallés con la quilla y otras secciones de la embarcación. 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 permanencia en el estrato superficial (con el empleo de un navegador GPS).

Tabla 5.10 *Características de las redes agalleras empleadas en la pesca exploratoria*

<i>Tipo de Red</i>	<i>Red "agallera A"</i>	<i>Red "agallera B"</i>
<i>Diámetro de malla (pulg)</i>	2 pulgadas	3 pulgadas
<i>Longitud (m)</i>	100 m	100 m
<i>Altura de paño (mallas)</i>	100 mallas	100 mallas
<i>Material</i>	Nylon monofilamento	Nylon monofilamento

Fuente: ERM, 2016.

En el despliegue del espinel de profundidad también se contempló una coordinación entre los 2 auxiliares de pesca y el motorista, con la finalidad de evitar enganches accidentales con los anzuelos y distribuir el aparejo de forma adecuada en el fondo marino, adicionalmente se utilizaron grampines y boyas señalizadoras para su fácil ubicación.

En el caso de la atarraya y el cordel con anzuelo (pesca de línea), se utilizaron ambos aparejos en las estaciones del Sistema Lagunar: LC-1 (Laguna del Carmen) y LM-1 (Laguna Machona).

Los datos morfométrico se obtuvieron 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 (balanza 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 5.11.



Tabla 5.11 *Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 1.*

<i>Parámetro a medir</i>	<i>Metodología</i>	<i>Unidad</i>
<i>Diversidad Relativa</i>	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº especies/horas de captura
<i>Abundancia Relativa</i>	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº individuos por sp./horas de
<i>Biomasa de Capturas</i>	FAO, 1986	gr/horas de captura
<i>Talla de Capturas</i>	Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Noroeste (CIPAN), 1985	Longitud total/individuo
<i>Estado Reproductivo</i>	Holden y Raitt(1975) y	Tabla de Holden y Raitt

Fuente: ERM, 2016

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 10 estaciones de muestreo.

- **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 Estaciones 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 NOAA y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a los 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 1.6×10^6 km² y un volumen cercano a 2.3×10^6 km³; 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, 2004 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 km³ 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 km² y la profundidad promedio del Golfo cercana a los 1,615 m, y el volumen de agua es aproximadamente 2,434,000 km³. 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 baja 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 funcionan 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).

Los bentos es 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).

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).

6.1.2 *Contexto local*

6.1.2.1 *Ubicación del Área Contractual 1 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 1 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 se describen en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1 *Criterios de Regulación Ecológica*

<i>Clave</i>	<i>Descripción</i>
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

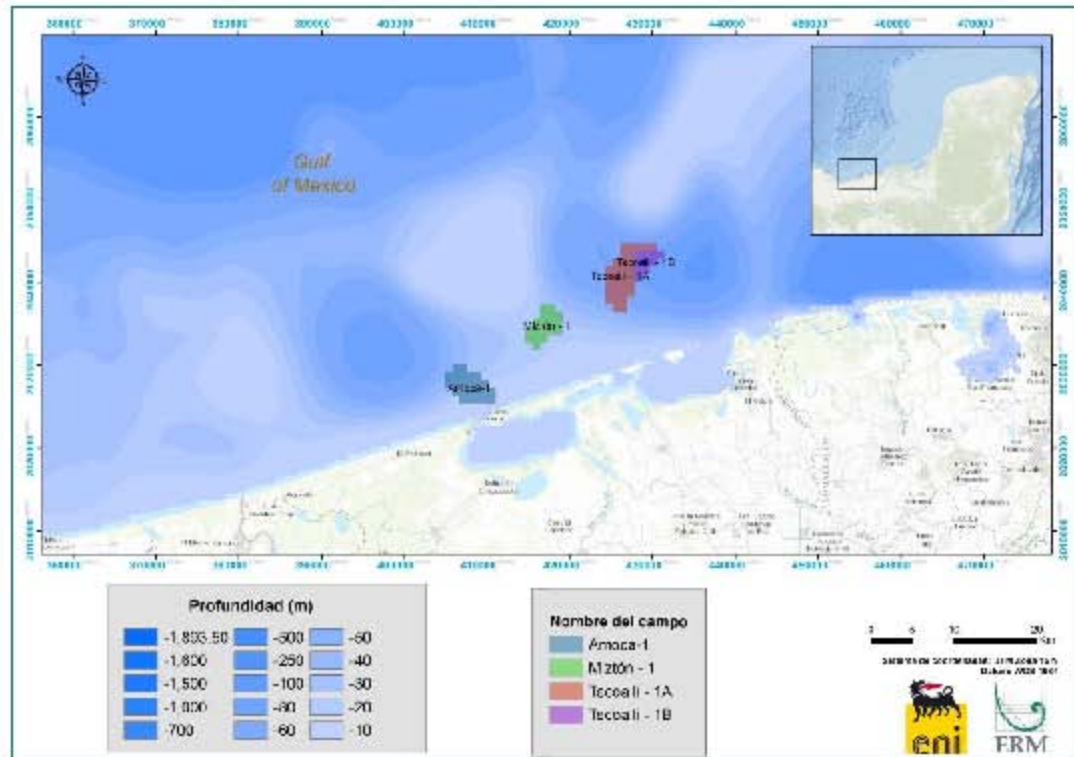
Área de estudio

El Área Contractual 1 se encuentra contigua al Área Económica Exclusiva Mexicana a una distancia aproximada de 4.46 km de la costa de Sánchez Magallanes, Tabasco, desde el Pozo Amoca-1. Dicha área se encuentra dentro de la zona marina de competencia Federal y tiene un área aproximada de 70 km². Los vértices de dicha zona han sido previamente indicados en la metodología del presente documento.

El área de estudio corresponde al Área Contractual 1 y dentro de esta se evaluaron las estaciones de muestreo. Estas se definieron tomando en cuenta el área y la localización declarada de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1. Las estaciones 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 las estaciones de muestreo establecidos. El área de estudio por tanto corresponde al Área Contractual y se muestra en la Figura 6.1



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 (ver Figura 6.2)



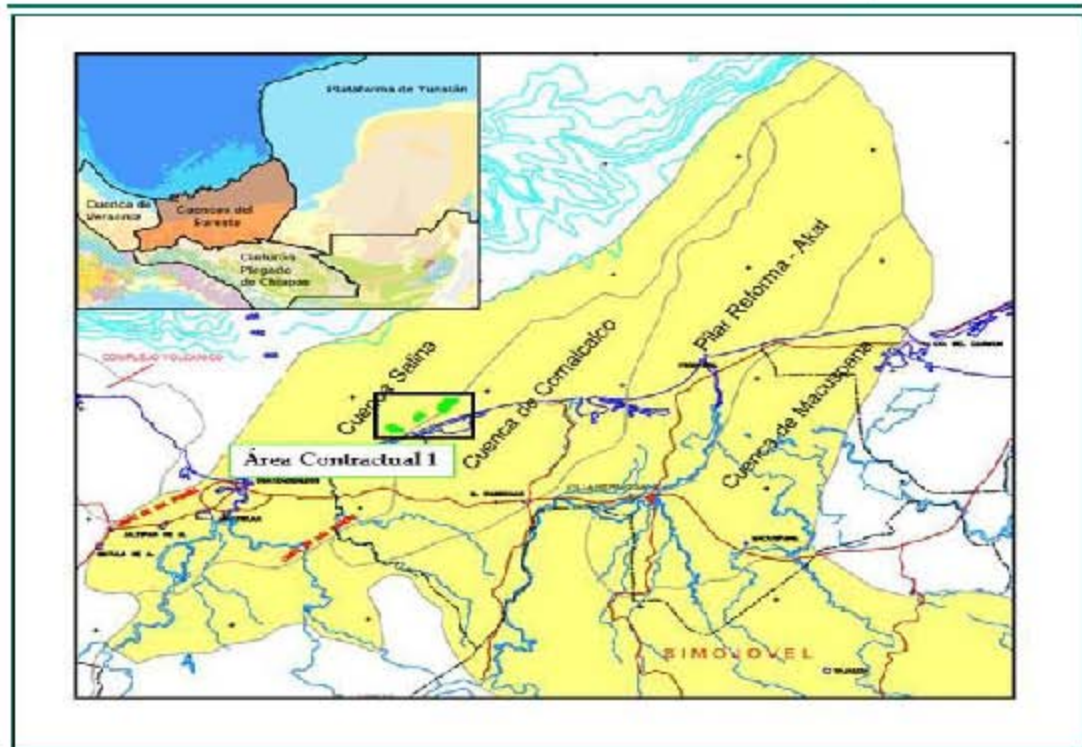
Fuente: NOAA y ERM 2016

Figura 6.2 *Batimetría en el Área contractual 1*

6.2.2 *Geología regional*

El Área Contractual 1 está localizada sobre la provincia petrolera denominada Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste la cual comprende un porción terrestre y otra marina y se encuentra limitada al Sur por la provincia conocida como Cinturón Plegado de Chiapas, al oeste por la provincia Cuenca de Veracruz, al este por la Plataforma de Yucatán y al norte por la isóbata de 500 m de profundidad.

Dentro del contexto geológico regional, esta provincia se ubica en la Planicie Costera del Golfo de México y la Plataforma Continental (ver Figura 6.3). Se subdivide esta provincia en tres cuencas geológicas:



Fuente: CNH, 2014

Figura 6.3 *Ubicación del Área Contractual 1 dentro del sistema geológico de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.*

1. *Cuenca Salina del Istmo* – corresponde a la porción 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.
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.
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.

6.2.2.1 *Evolución geológica*

Según el modelo de apertura del Golfo de México, la provincia petrolera Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste evolucionó a partir de una etapa de



“rifting” o margen pasivo 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, donde se formaron las plataformas carbonatadas. 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 alcanzar su posición actual en el Berriasiano (PEP, 2013; Salvador, 1987).

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 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 (PEP, 2013).

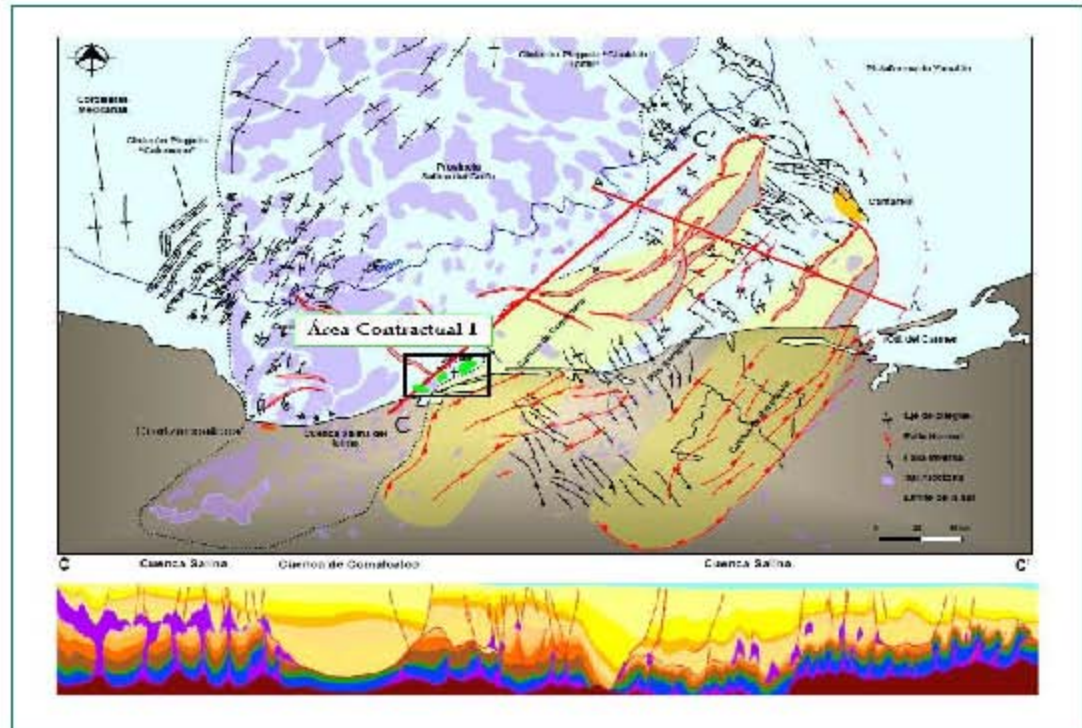
Para finales del Mioceno medio, la llegada de los aportes sedimentarios provenientes del Batolito de Chiapas y el Cinturón Plegado de Chiapas en la zona de fallamiento transtensional, localizado en el límite con la Plataforma de Yucatán, disparó el inicio del sistema extensional con la formación de la 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 extensivo deformó 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 (PEP; 2013).



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 (ver Figura 6.4).



Fuente: CNH, 2014

Figura 6.4 Geología estructural regional de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.

6.2.2.2 Geología Estructural

A continuación la descripción de las provincias en las cuales se ubica el área del proyecto:

Cuenca Salina del Istmo: 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 rumbo hacia el noroeste o por rotación de capas en los pedestales de los diapiros salinos;



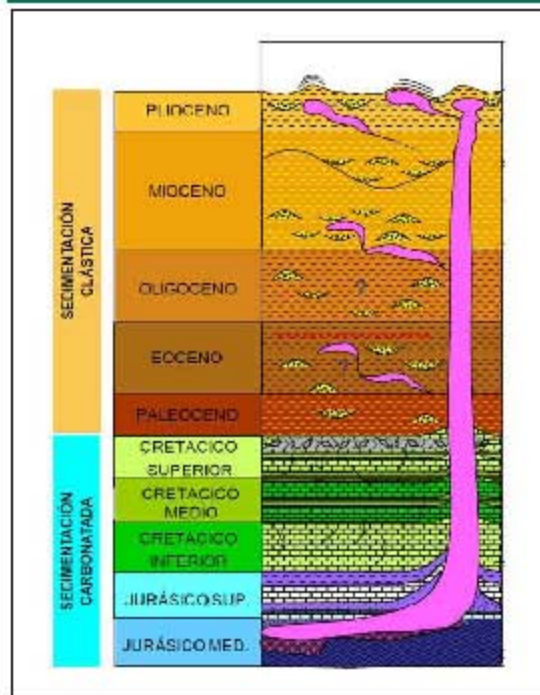
mientras que en el Terciario se presentan estructuras dómicas asociadas a masas salinas, fallas lítricas con inclinación al noroeste que afectan incluso hasta el Mesozoico y fallas lítricas contra-regionales con inclinación al sureste (PEP, 2013; Oviedo-Pérez, 1998; Gómez-Cabrera, 2003; Robles-Nolasco *et al.*, 2004; Soto-Cuervo *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2010).

Pilar Reforma-Akal: 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 convergencia 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 lítricas con caída al noroeste, que despegan en el límite Oligoceno-Mioceno (PEP, 2013; Ángeles-Aquino *et al.*, 1994; Aquino *et al.*, 2003; González *et al.*, 2004; Martínez-Kemp *et al.*, 2005^a; Cruz *et al.*, 2010).

Macuspana Esta sub-provincia se caracteriza por fallas lítricas 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 lítricas 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 lítricas del Mioceno (Cruz *et al.*, 2010).

6.2.2.3 *Columna Estratigráfica General*

La columna estratigráfica de la zona comprende un espesor de sedimentos de 4,000 a más de 10,000 metros que van en edad desde el Jurásico Medio hasta el Reciente (ver Figura 6.5).



Fuente: CNH, 2014

Figura 6.5 Columna estratigráfica regional de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.

Jurásico Medio: está caracterizado por el depósito de sal asociado a la apertura del Golfo de México. Durante el Calloviano y al inicio del Oxfordiano, las condiciones marinas se extendieron paulatinamente a través de la cuenca.

Los sedimentos del Oxfordiano están dominados por depósitos de carbonatos (mudstone y facies subordinadas de bancos arrecifales carbonatados) y clásticos de tipo arenas de estuario o deltaicas y lutitas. Los arrecifes marinos someros y bancos oolíticos son considerados los principales constructores de carbonatos, se encuentran a lo largo del borde de la plataforma marina poco profunda. Las zona Oeste y Norte están denominadas por carbonatos de aguas más profundas. Se observa un cambio de facies con progradación general de los carbonatos y evaporitas debido a la tendencia eusática regresiva hace 155.8 Ma. Esto condujo a un desarrollo de facies anhidriticas.

Kimmeridgiano: estos sedimentos están representados por importantes espesores de terrígenos que, en algunos lugares de la cuenca gradúan a carbonatados de bancos oolíticos parcialmente dolomitizados hacia la cima de la formación.

Una superficie transgresiva alrededor de 150.5 Ma causa la rápida inundación de las evaporitas del Oxfordiano Superior. Las zonas más proximales fueron ocupadas durante todo el ciclo de depósito por una rampa interna donde se producen y se depositan los arrecifes y grainstones, bajo un marco de agua somera de alta energía. Estas facies son consideradas como los principales plays



almacén de la sucesión del Kimmeridgiano. La parte occidental, está ocupada por carbonatos arcillosos, a veces dolomitizados, depositados en un ambiente de mar abierto en aguas relativamente profundas. Al final del Kimmeridgiano, la parte más oriental, está representada por heterolíticos de laguna.

Tithoniano: ocurrió la máxima transgresión marina, relacionada con los eventos anóxicos del Jurásico Superior registrados a nivel mundial hace 148 Ma aproximadamente. Se depositó una mezcla de terrígenos finos y carbonatados laminados, ricos en materia orgánica en ambientes de cuenca profunda con una sedimentación hemipelágica fina. También se define la presencia de posibles turbiditas calcáreas, originadas por mezclas de material calcáreo fino intercalado con lutitas.

Cretácico: es una secuencia sedimentaria de plataforma, con litofacies de carbonatos y carbonatos arcillosos dolomitizados, con pedernal e intercalaciones de horizontes bentoníticos. Para finales del Cretácico se registra un crecimiento de la plataforma carbonatada y el depósito de brechas y flujos turbidíticos en el talud continental de la Sonda de Campeche, cuyas litofacies predominantes son dolomías, calizas arcillosas de grano fino (mudstone, wackstone) y brechas dolomitizadas que aparecen con el cambio en el sistema a sedimentación clástica.

Cenozoico: el cambio de régimen tectónico de la cuenca, de margen pasiva a cuenca "foreland" origina un cambio notable en la sedimentación representado por el contraste litológico entre los carbonatos del Cretácico y la potente columna de terrígenos del Terciario, que alcanza más de 7,000 m de espesor en la cuenca de Macuspana. El Cenozoico corresponde a una sedimentación en su mayoría siliciclástica de ambientes marinos profundos; estos terrígenos rellenaron las cuencas, principalmente lutitas con algunas intercalaciones de arenas, lóbulos deltaicos o turbidíticos.

Paleoceno: la unidad Paleoceno es una sucesión de lutitas y mudstone carbonatado de cuenca con clásticos y turbiditas calcáreas. Las partes norte y suroeste presentan un depósito de lutitas donde a nivel local están intercaladas algunas turbiditas carbonatadas cuyas fuentes provienen de los bordes este y oeste. La zona sur muestra más abanicos de clastos turbidíticos. El espesor varía desde los 285 m de la zona litoral hasta más de 3,500 m en la zona de sedimentación confinada de la Cuenca Salina del Golfo.

Eoceno: como la secuencia del Paleoceno, la secuencia del Eoceno se caracteriza por un depósito profundo de lutitas con la intercalación de abanicos turbidíticos orientados principalmente norte-sur. La sucesión del Eoceno es un intervalo de lutitas, que contiene a nivel local algunos abanicos turbidíticos clásticos ubicados principalmente en las áreas de Tabascoob-Holok, Yaxché-Xanab y al sur de la zona Chuktah. Estos abanicos turbidíticos provienen de los bordes sur y oeste de la zona de estudio.



Mioceno-Plioceno: durante el Mioceno y Plioceno dominan los depósitos de lutitas de ambiente de cuenca profunda, depósitos arenosos discontinuos de tipo abanico de piso de cuenca o abanicos de pie de talud, los cuales se encuentran concentrados preferencialmente en los bordes sur y suroeste del área donde se ubica la zona de talud. Los espesores mayormente arcillosos son variables, entre 360 m y 2,200 m.

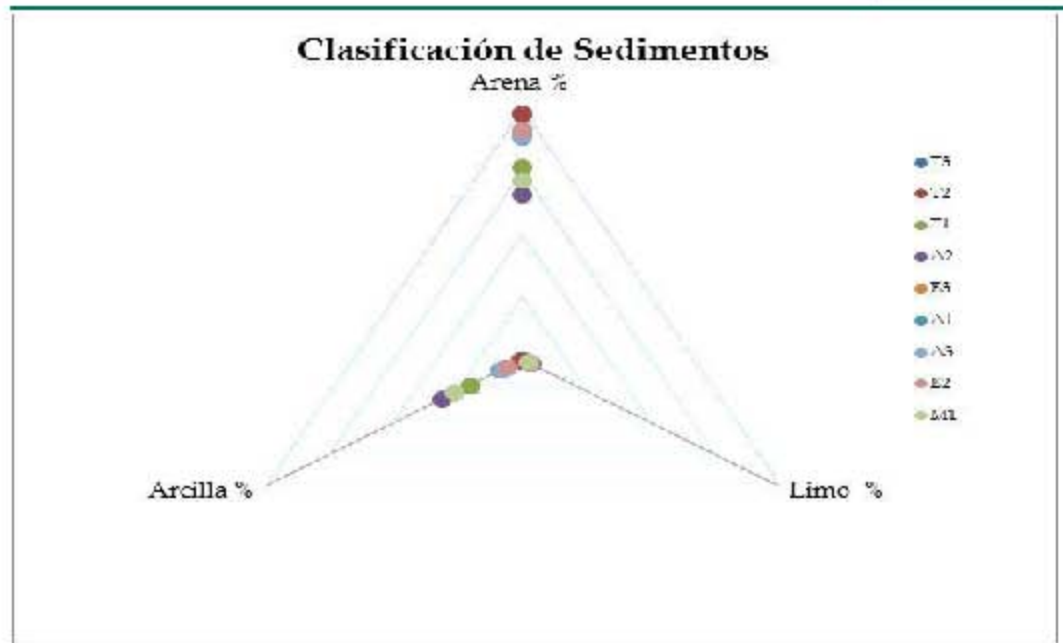
6.2.3 *Geología y geomorfología local*

El Área Contractual 1 se ubica en la Cuenca Salina del Istmo, en donde los plays principales son areniscas deltaicas, barras costeras y turbidíticas del Mioceno y Plioceno que conforman trampas estructurales, estratigráficas y combinadas asociadas a estructuras extensionales y deformación salina (CNH, 2014).

La superficie de la planicie costera presenta ondulaciones de baja amplitud, que corresponden a remanentes de antiguos “cerros de playa”. Estos cerros se encuentran mejor desarrollados cerca de la fuente de sedimentos y reflejan periodos activos de abundante aporte de sedimentos. Los procesos costeros y la particularidad de los sedimentos de esta zona reflejan la variedad de procesos de sedimentación activos a lo largo de la costa y la transición existente entre los sedimentos carbonatados de la plataforma de Yucatán y los sedimentos deltáicos de los ríos Grijalva-Usumacinta.

Los sedimentos deltáicos de la plataforma continental frente a la franja costera del límite entre Tabasco y Campeche, se caracterizan por su rápida acumulación, por estar compuestos principalmente de material aluvial rico en materia orgánica limo-arcillosa, arenas cuarzosas de grano fino a medio, y por su bajo contenido de conchas, sobre todo en la región occidental (Yáñez-Correa, 1971).

En particular para el Área Contractual 1, los resultados de granulometría de las muestras recolectadas durante la campaña de campo definen que el tamaño de las partículas dominante en la matriz de las muestras corresponde a arenas (85.30%), compuestas secundariamente de arcillas (12.30%) y limos (2.40%) (Ver Gráfica 6.1).



Gráfica 6.1 *Clasificación de sedimentos*

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).

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

La estación climatológica más cercana al Área Contractual 1 se ubica en el estado de Tabasco, a 20 km de la costa (en donde se ubican las lagunas costeras de El Carmen, Pajonal y Machona), y corresponde a la estación meteorológica No. 27074 "Poblado C-11" (Coordenadas UTM Zona 15 N X: 434045.75, Y: 2009442.75) (CONAGUA-SMN, 2010). El clima dominante registrado es de tipo Am (f), cálido húmedo, con temperatura media anual mayor a los 22°C y temperatura del mes más frío mayor a los 18°C. El promedio de la temperatura anual registrada para Tabasco es de 25.9°C en el periodo 1951-2010 (ver Tabla 6.2).

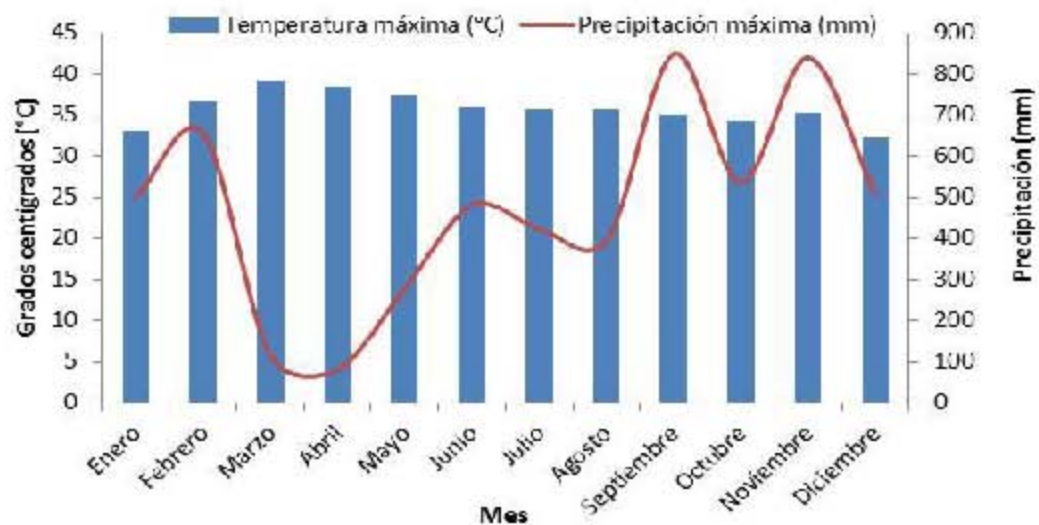


Tabla 6.2 *Temperatura máxima, estación meteorológica Poblado C-11*

<i>Temperatura máxima mensual en el periodo comprendido entre 1951-2010</i>					
Mes	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	28.7	33.1	2010	37.0	12
Febrero	29.6	36.7	2009	39.0	12
Marzo	33.2	39.1	2009	41.0	12
Abril	34.3	38.4	2009	41.0	12
Mayo	35.4	37.3	1975	41.0	12
Junio	33.6	35.9	2008	39.0	12
Julio	33.3	35.7	2010	38.0	12
Agosto	33.1	35.7	2009	38.0	13
Septiembre	32.8	35.1	2009	37.0	13
Octubre	31.0	34.4	2010	36.0	12
Noviembre	30.3	35.2	2009	39.0	11
Diciembre	28.1	32.1	2009	36.0	11
Anual	32.0				

Fuente: CONAGUA, 2010.

En la Gráfica 6.2 se despliegan las variaciones en temperatura y precipitación. La precipitación ha tenido mayores variaciones, siendo los valores más elevados los de los meses de junio a enero; los más bajos, los de febrero a mayo.



Fuente: CONAGUA, 2010.

Nota: El número de años con datos es 12.

Gráfica 6.2 *Climograma de temperatura y precipitación máximas del periodo 1951-2010. Estación meteorológica Poblado C-11*



6.2.4.2

Temperatura media anual y mensual

El promedio de temperatura media anual de la estación “Poblado C-11” es de 25.9°C, teniendo variaciones menores, de 23 hasta 28.2°C (ver Tabla 6.3). Además, tal como se describió anteriormente, las condiciones en el Golfo son relativamente uniformes.

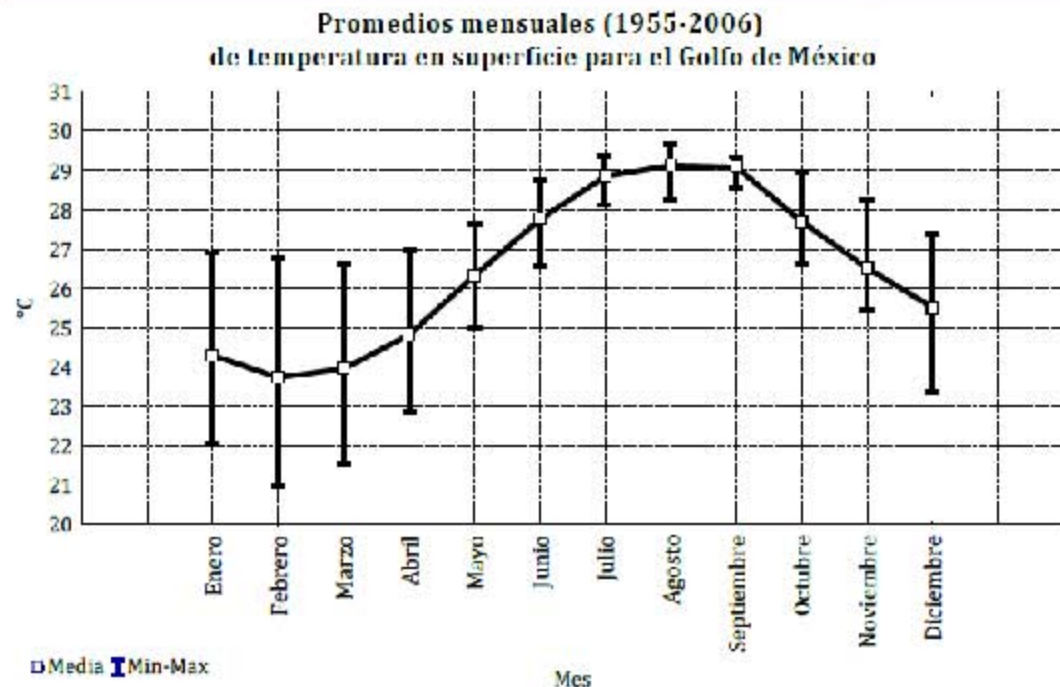
Tabla 6.3 *Temperatura media mensual y anual (periodo 1951-2010) Estación meteorológica Poblado C-11*

Mes	Normal
Enero	23.3
Febrero	23.6
Marzo	26.2
Abril	27.2
Mayo	28.2
Junio	27.4
Julio	27.2
Agosto	27.1
Septiembre	26.8
Octubre	25.7
Noviembre	24.8
Diciembre	23.0
Promedio	25.9

Nota: El número de años con datos es 12.

Para el Golfo de México propiamente, los valores de temperatura superficial del océano (TSO) registrados mensualmente para la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México de 1955 a 2006 reflejan una temporalidad estacional en los datos⁶. 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 6.6).

⁶ La mayor parte de la información disponible para la elaboración de este estudio, corresponde a la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México.



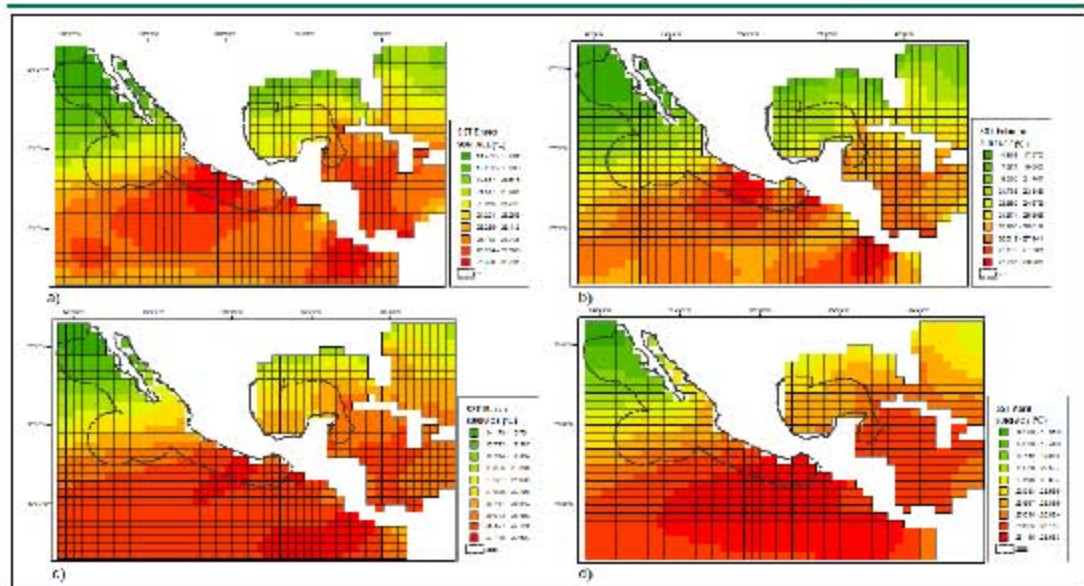
Nota: las barras representan los valores mínimos y máximos.

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

Figura 6.6 Variación mensual del promedio de temperatura superficial del océano (°C)

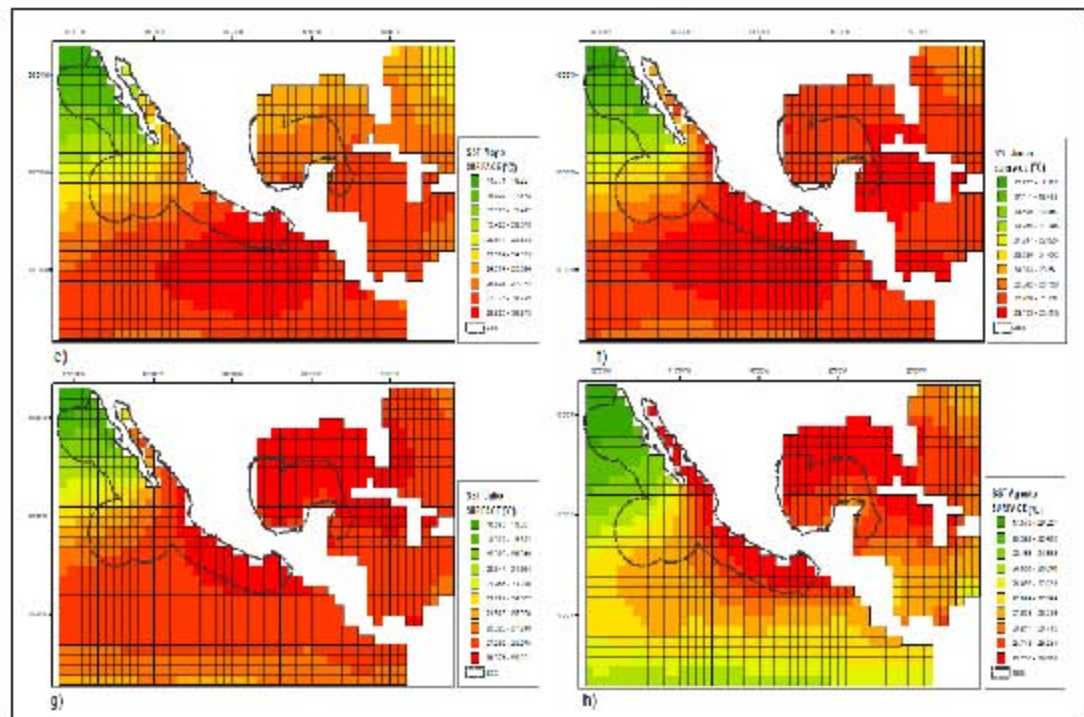
La disminución de temperatura registrada en esta temporada podría estar influenciada por la temporada de Nortes. Cabe resaltar que durante estos meses existe un gradiente de temperaturas más marcado entre la zona Este y Oeste del Golfo de México, donde la región Oeste presenta valores alrededor de 4°C menores que la región Este (Figura 6.7, Figura 6.8 y Figura 6.9) (De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004).

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).



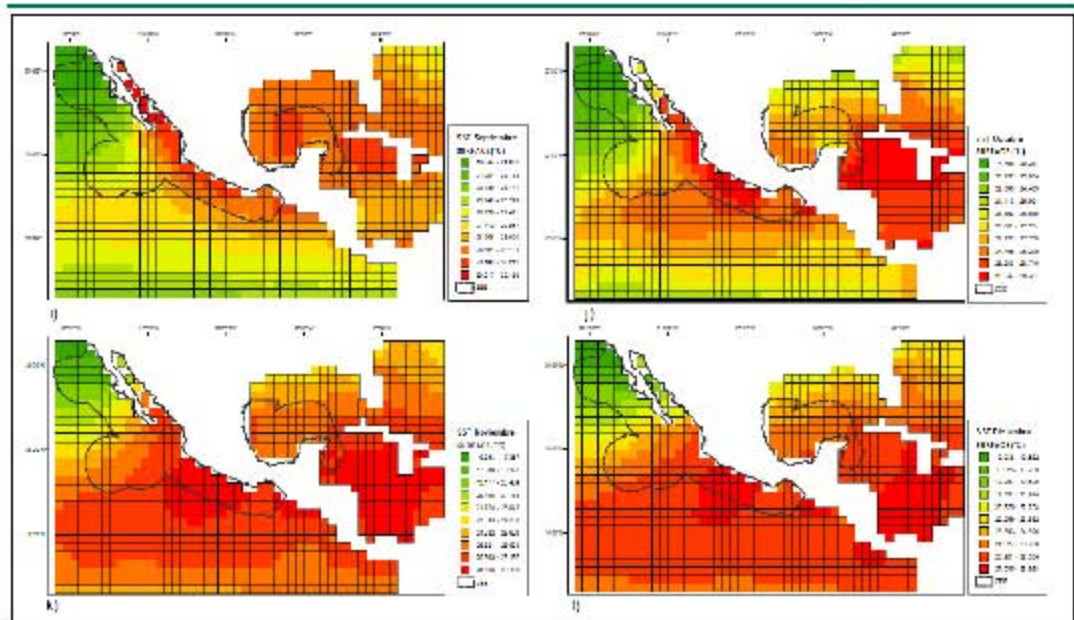
Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

Figura 6.7 Temperatura superficial (°C): a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril



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

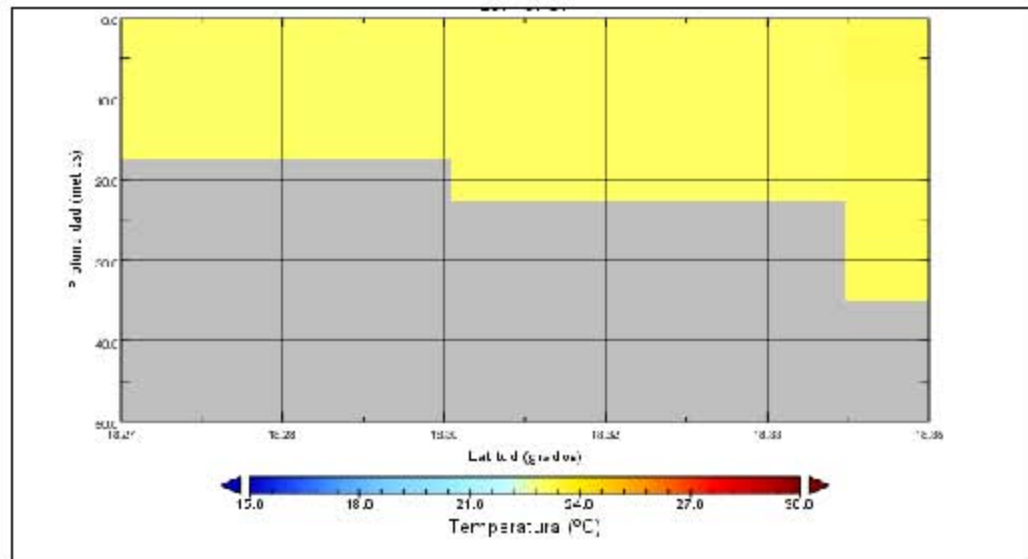
Figura 6.8 Temperatura superficial (°C): e) mayo, f) junio, g) julio, h) agosto



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

Figura 6.9 Temperatura superficial (°C) i) septiembre, j) octubre, k) noviembre, l) diciembre.

En la Figura 6.10 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 1. De acuerdo con los resultados obtenidos durante la campaña de muestreo de línea base, se pudo observar que el rango de temperatura fue de 23.40 °C y 27.07°C, considerado por arriba del promedio acostumbrado para esta época del año.



Fuente: Ajustado de HYCOM, 2016

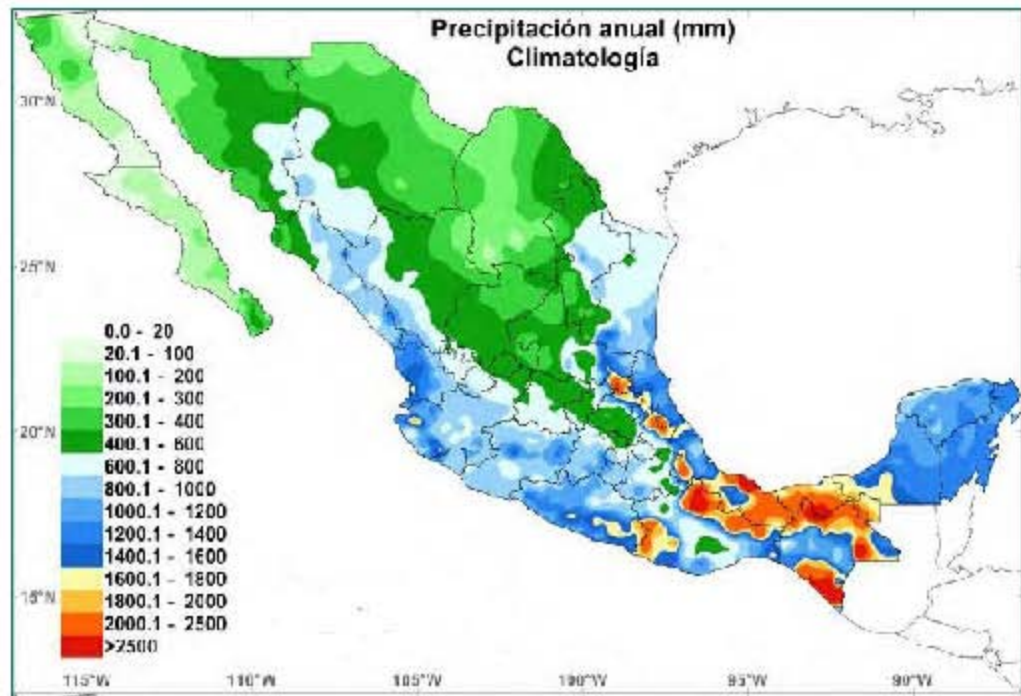
Figura 6.10 Ejemplo perfil térmico para el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM



6.2.4.3

Precipitación media anual y mensual

La precipitación promedio anual en las costas de Sanchez Magallanes, en Tabasco (en frente de las lagunas costeras El Carmen, Pajonal y Machona) oscila entre 1,600 y 2,000 mm (CONAGUA, 2014; Tabla 6.4). El promedio de los datos registrados para la precipitación en el periodo comprendido entre 1951-2010, en la estación meteorológica Poblado C-11 es de 1,943.6 mm (Figura 6.11) (CONAGUA, 2010).



Fuente: CONAGUA, 2014.

Figura 6.11 *Precipitación anual promedio (mm) 2014 a nivel nacional*

Tabla 6.4 *Valores de precipitación media anual y mensual estación meteorológica Poblado C-11 (1951-2010)*

<i>Valores de precipitación media anual y mensual correspondientes al periodo comprendido entre 1951-2010</i>					
	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	163.8	501.4	1972	122.5	14
Febrero	151.2	654.8	2006	115.0	15
Marzo	50.8	114.3	1979	84.3	15
Abril	31.3	80.5	1974	76.2	14
Mayo	52.2	277.8	1979	143.5	14
Junio	223.5	480.0	1979	136.6	14
Julio	142.0	422.8	2010	81.2	14



Valores de precipitación media anual y mensual correspondientes al periodo comprendido entre 1951-2010					
Agosto	151.4	395.1	1973	79.1	14
Septiembre	300.7	847.6	2008	227.7	15
Octubre	266.0	534.9	2010	187.6	16
Noviembre	230.8	838.9	2009	380.7	15
Diciembre	179.9	505.4	2005	168.0	15
Anual	1,943.6				

Fuente: Tomado de CONAGUA, 2010

6.2.4.4

Humedad relativa

De forma regional, como se muestra en la Figura 6.12 se aprecia la división de México, según los valores anuales de la humedad relativa durante el periodo de 1941 a 1970, en la cual se representa 3 tipos de humedad: 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% (Capel-Molina, 1980).



Fuente: Tomado de Capel-Molina, 1980

Figura 6.12 División de México, según los valores anuales de la humedad relativa, 1941-1970

El área del Proyecto se encuentra en una zona de humedad tipo húmedo, al igual que el resto del sureste. Específicamente para el estado de Tabasco, los valores máximos de humedad relativa se presentan en primavera, mientras que los valores mínimos se observan en otoño (75% en octubre) (Capel-Molina, 1980) (Tabla 6.5).

En un contexto más local sobre el Área Contractual 1, se reporta una humedad relativa promedio entre 70% y 80%. De acuerdo con datos de CONAGUA (2010), la humedad relativa en la zona varía entre 72 y 81% entre los años 1981 y 2000.



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



Tabla 6.5 Valores promedio de variables climatológicas en Tabasco (estación climatológica "Poblado C-11")

Parámetro	Coordenadas geográficas	Normales Climatológicas												Observatorio sinóptico
	Latitud: 18°10'23.0"	Tabasco												
	Longitud: 93°37'24.0"	Periodo												Dependencia: CONAGUA-DGE
	Altitud 10 msnm													
	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Temperatura	Promedio de máxima	28.7	29.6	33.2	34.3	35.4	33.6	33.3	33.1	32.8	31	30.3	28.1	32
	Media mensual	23.3	23.6	26.2	27.2	28.2	27.4	27.2	27.1	26.8	25.7	24.8	23	25.9
	Promedio de mínima	17.8	17.6	19.2	20.2	21	21.1	21.2	21.1	20.8	20.4	19.4	17.8	19.8
	Mínima mensual	15.6	16.1	17.8	17.7	17.2	17.7	17.8	18.3	17.2	16.4	16.6	16.5	
	Años con datos	12	12	12	12	12	12	12	13	13	12	11	11	
Precipitación	Total acumulada												1 943.6	
	Media mensual	163.8	151.2	50.8	31.3	52.2	223.5	142	151.4	300.7	266	230.8	179.9	
	Máxima mensual	501.4	654.8	114.3	80.5	277.8	480	422.8	395.1	847.6	534.9	838.9	505.4	
	Máxima diaria	122.5	115	84.3	76.2	143.5	136.6	81.2	79.1	227.7	187.6	380.7	168	
	Años con datos	14	15	15	14	14	14	14	14	15	16	15	15	
Evaporación mensual**	Media	67.2	85.2	112.9	126.2	127.6	130.7	118.8	117.5	121.7	79	75	61	798.4
	Mínima	62.4	79.3	99.9	103.6	73.9	106.7	101.3	102.4	111.7	75.1	68.2	59.4	397.4
	Máxima	71.9	91.1	133.5	158.1	184.9	156.8	129.4	132.6	131.8	82.9	81.9	62.6	1 257.0
Viento máximo diario														
	Magnitud media	11	10.4	10.1	10.2	9.1	8.9	8.8	8.4	9.7	10	10.3	10.7	9.8



Parámetro	Coordenadas geográficas	Normales Climatológicas												Observatorio sinóptico
	Latitud: 18°10'23.0"	Tabasco												
	Longitud: 93°37'24.0"	Período												Dependencia: CONAGUA-DGE
	Altitud 10 msnm													
	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANUAL
Fenómenos especiales	Nublado/cerrado	15	10.7	11.4	10.9	9.7	15.3	17.9	17.8	19.1	15.5	12.8	16.5	172.7
	Granizo	0	0.2	0	0	0	0.1	0	0.1	0.2	0	0.1	0	0.6
	Helada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.2
	Tormenta eléctrica	0	0.1	0.7	0.7	2.1	6.5	9.2	11.9	8.2	2.2	0.9	0.4	43
	Niebla	11.9	16.1	15.2	15.8	11	6.6	5.4	6.4	4.1	11.4	12.6	17.2	133.9
Unidades: Temperatura (°C), humedad relativa (%), precipitación y evaporación (mm), presión (mb), viento m/s) y fenómenos especiales (días)														
*Los datos de evaporación muestran los datos mensuales y el acumulado anual. Los datos son de la estación No. 27060 "González".														

Fuente: CONAGUA-DGE, 2010



6.2.4.5

Evaporación media anual

El valor máximo de la evaporación media mensual registrada para la zona cercana al Área Contractual 1 (Sánchez Magallanes, Tabasco) en el periodo comprendido entre 1972-1979, se presentó durante el mes de mayo y el valor mínimo durante los meses de diciembre y enero (Tabla 6.6 y Tabla 6.7). Las estaciones meteorológicas alrededor de la zona del Proyecto, en el municipio de Cárdenas, Tabasco, no tienen datos más recientes que de 1978. Se tomaron datos de la estación No. 27013 “La Encrucijada” (ubicación en coordenadas UTM Zona 15 N datum WGS 84 son X: 441857.43; Y: 2017932.32), que se encuentra suspendida actualmente. Sin embargo, no existen otras estaciones, ni suspendidas ni que se encuentren actualmente operando, con datos de evaporación en la zona.

Tabla 6.6 *Evaporación media mensual registrada para el estado de Tabasco en el periodo comprendido entre 1972 y 1979. Estación “La Encrucijada”*

Mes	Año Inicio	Año Fin	No. Años	Valor Máximo (mm)	Valor Mínimo (mm)	Valor Medio (mm)
Enero	1966	1978	13	4.3	0.1	2.0
Febrero	1966	1978	13	5.9	0.1	2.4
Marzo	1966	1979	14	7.8	0.1	3.6
Abril	1965	1979	15	9.4	0.2	4.5
Mayo	1965	1979	15	8.4	1.0	5.0
Junio	1965	1978	13	7.6	2.2	4.4
Julio	1965	1978	13	7.7	2.3	4.1
Agosto	1965	1978	14	6.3	1.2	4.0
Septiembre	1965	1978	14	5.9	0.2	3.8
Octubre	1965	1978	13	5.3	0.3	3.0
Noviembre	1965	1978	14	4.7	0.2	2.6
Diciembre	1965	1978	14	4.5	0.1	2.1

Fuente: CONAGUA, 2010.

Tabla 6.7 *Evaporación media mensual y media anual en la estación meteorológica La Encrucijada.*

<i>Evaporación mensual y promedio anual en el periodo comprendido entre 1951-2010</i>		
Mes	Normal	Años con datos
Enero	62.8	13
Febrero	66.6	13
Marzo	111.4	14
Abril	135.7	15
Mayo	155.0	15
Junio	131.6	13



Evaporación mensual y promedio anual en el periodo comprendido entre 1951-2010

Julio	125.6	13
Agosto	124.4	14
Septiembre	112.7	14
Octubre	93.0	13
Noviembre	76.6	14
Diciembre	66.3	14
Anual acumulado	1,261.7	

Fuente: CONAGUA, 2010

6.2.4.6 *Nubosidad promedio anual*

La nubosidad en la zona del Sur del Golfo de México, datos obtenidos en la Estación Meteorológica de Villahermosa en Tabasco (17 59N, 92 56W), muestra durante el año 2015 y el primeros meses del 2016 que la nubosidad se mantiene constante en el estado de Tabasco, cubriendo parcialmente el estado y con ligeras precipitaciones. Mientras que durante el mes de abril de 2016 la cobertura disminuyó ligeramente (ver Gráfica 6.3).



Fuente: <http://www.meteomanz.com/>

Gráfica 6.3 *Promedio de la nubosidad diaria de enero de 2015 – abril de 2016 para el área circundante al Área Contractual 1(Tabasco)*

Durante los primeros días de abril, época en la que se realizó el estudio de línea base, correspondió con la temporada de los eventos Norte alcanzando una cobertura total, posteriormente disminuyó cayendo considerablemente los últimos días del mes de abril de 2016 (ver Tabla 6.8).



Tabla 6.8 Promedio diario de la nubosidad en el período 2015-2016 para el área circundante al Área Contractual 1 (Tabasco)

Mes	Promedio Diario (en octavas)	
	2015	2016
Enero	6	6
Febrero	5	5
Marzo	5	4
Abril	3	4
Mayo	3	-
Junio	5	-
Julio	4	-
Agosto	4	-
Septiembre	5	-
Octubre	5	-
Noviembre	5	-
Diciembre	5	-

Fuente: <http://www.meteomanz.com>

6.2.4.7 Nubosidad promedio anual Eventos extremos ambientales

Entre los eventos extremos ambientales destacan los 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. Las masas de aire frío continentales y los sistemas de alta presión (ej., 1028 hPa), las rachas de fuertes vientos (ej., 100 km/h) y los cambios en el nivel del mar (hasta 4 m) caracterizan a los “nortes” que se presentan en la zona. Asimismo, también se presentan eventos extremos de suma peligrosidad y que tienen consecuencias sobre el medio ambiente e incluso sobre la economía. Tal es el caso de los huracanes y ciclones tropicales, los cuales se enlistan en la Tabla 6.9 en el periodo 1978-2014.

Los datos de 2015 aún no se encuentran disponibles en el Sistema Meteorológico Nacional y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) reporta que los ciclones tropicales durante el 2015 afectaron únicamente a costas de Estados Unidos y el Caribe, sin presentarse en costas mexicanas.

La Figura 6.13 muestra los ciclones tropicales que han impactado el océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México en los últimos 5 años. Los ciclones tropicales que han atravesado la zona del Proyecto han sido escasos y han tenido categorías de depresiones y tormentas tropicales en su mayor parte, con vientos máximos de entre 45 y 110 km/h.

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).

Tabla 6.9 *Eventos extremos reportados para la zona del Área Contractual 1, del periodo 1978-2014.*

Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra	Vientos máx. (km/h) a/	Categoría b/
Hermine	Septiembre 1980	Catemaco, Ver. c/	110	TT
DT2	Julio 1999	Cazones-Tuxpan, Ver.	55	DT
DT11	Octubre 1999	Noreste de Coatzacoalcos, Ver.	55	DT
Stan	Octubre 2005	San Andrés Tuxtla, Ver. c/	130	H1
Marco	Octubre 2008	Este de Misantla, Ver.	65	TT
Harvey	Agosto 2011	Alvarado, Ver.	55	DT



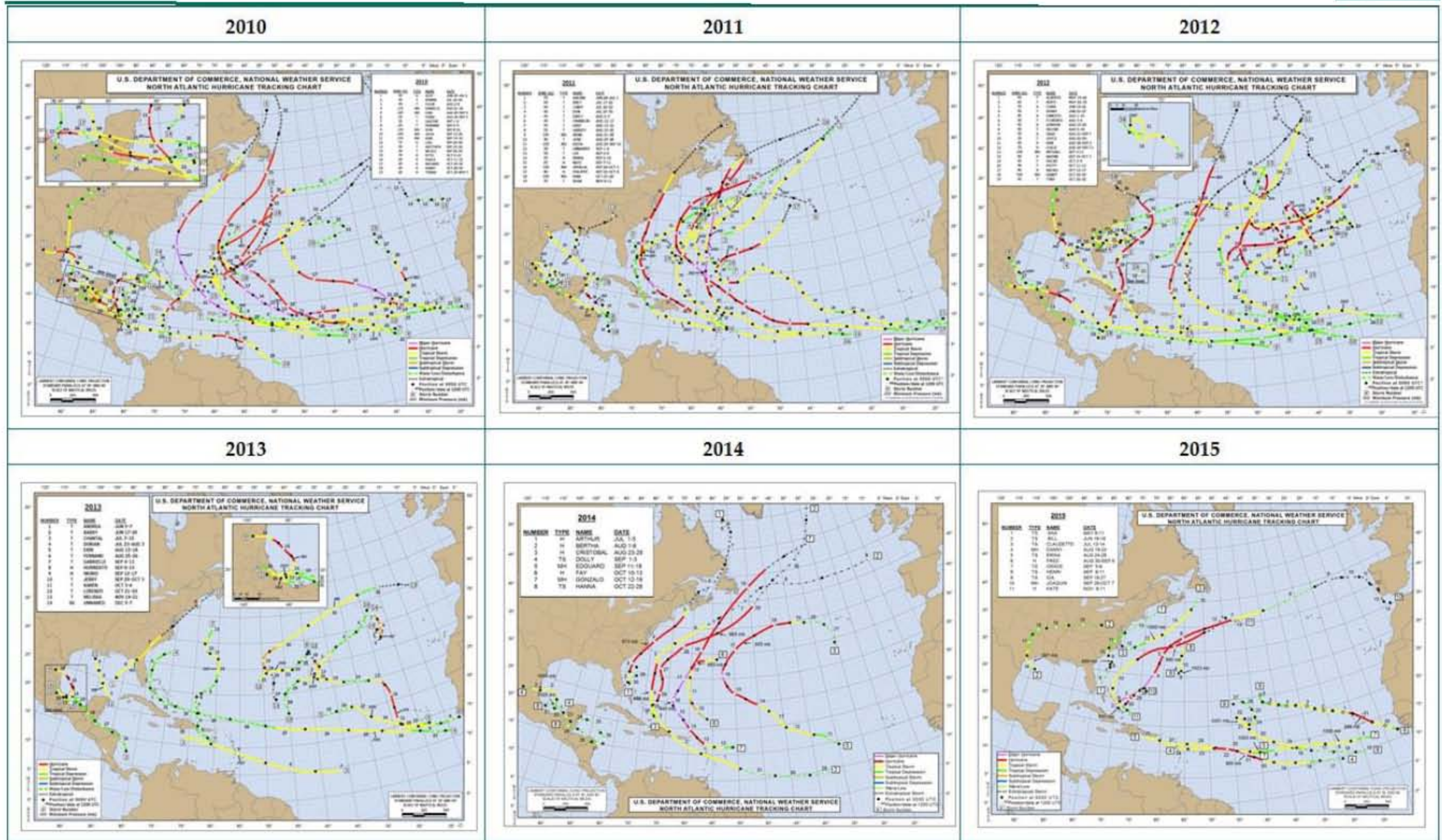
Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra	Vientos máx. (km/h) a/	Categoría b/
Ernesto	Agosto 2012	Noroeste de Coatzacoalcos, Ver. c/	110	TT
Helene	Agosto 2012	Cd. Del Carmen, Camp c/	85	TT
Bary	Junio 2013	Playa La Mancha, Ver.	75	TT
Fernand	Agosto 2013	Zempoala, Ver.	85	TT
Hanna	Octubre 2014	Sabancury, Campeche	45	TT

a/ Se refiere a la intensidad al momento de impacto en tierra, no a la intensidad del ciclón tropical en mar abierto.

b/ Las categorías, de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson, se clasifican en: 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).

c/ Lugar se considera como segunda entrada del huracán:
 H Huracán; TT Tormenta Tropical; DT Depresión Tropical

Tomado de SMN-CONAGUA, 2015



Fuente: NOAA, 2015

Figura 6.13 Ciclonés tropicales en las costas del Mar Caribe y océano Atlántico 2010-2015.



6.2.4.8

Corrientes marinas

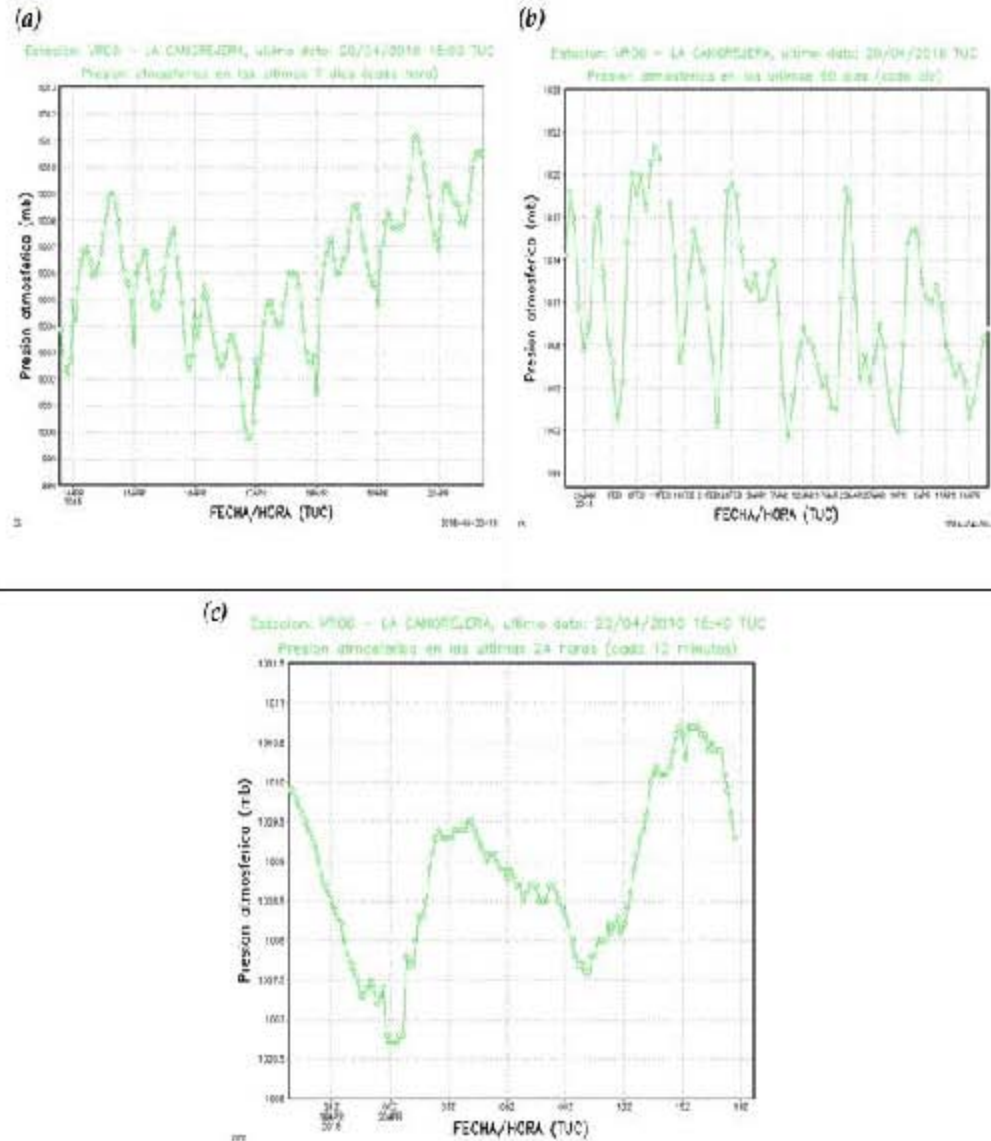
De forma regional, la circulación de gran escala en el Golfo de México está denominada por dos características semi-permanentes (Behringer *et al.*, 1977): la Corriente de Lazo y un gran giro anticiclónico, los cuales se sitúan en la parte Oriental y Occidental del Golfo respectivamente.

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 0.05 m/s y 0.16 m/s. Así mismo, el patrón de circulación predominante presente una dirección este-suroeste hacia las costas de Sanchez Magallanes, tal como se muestra en la Figura 6.14.



Fuente: SMN, 2015

Figura 6.15 Presión atmosférica registrada en la estación “Cangrejera” (a) cada hora, (b) cada 24 h (c) cada 10 minutos. Área Contractual 1

6.2.5 Hidrodinámica y batimetría

Detalles sobre las características hidrodinámicas marinas del área de estudio; así como patrones de dispersión de sedimentos se describen a continuación:

6.2.5.1 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.

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 contractual 1. 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 que oscilan entre los 2 y 80 metros. Sin embargo, cabe señalar que en la zona del Proyecto, las condiciones batimétricas no varían drásticamente, encontrándose que la zona no rebasa la isobata de los 100 m.

6.2.5.2 *Corrientes, salinidad y temperatura*

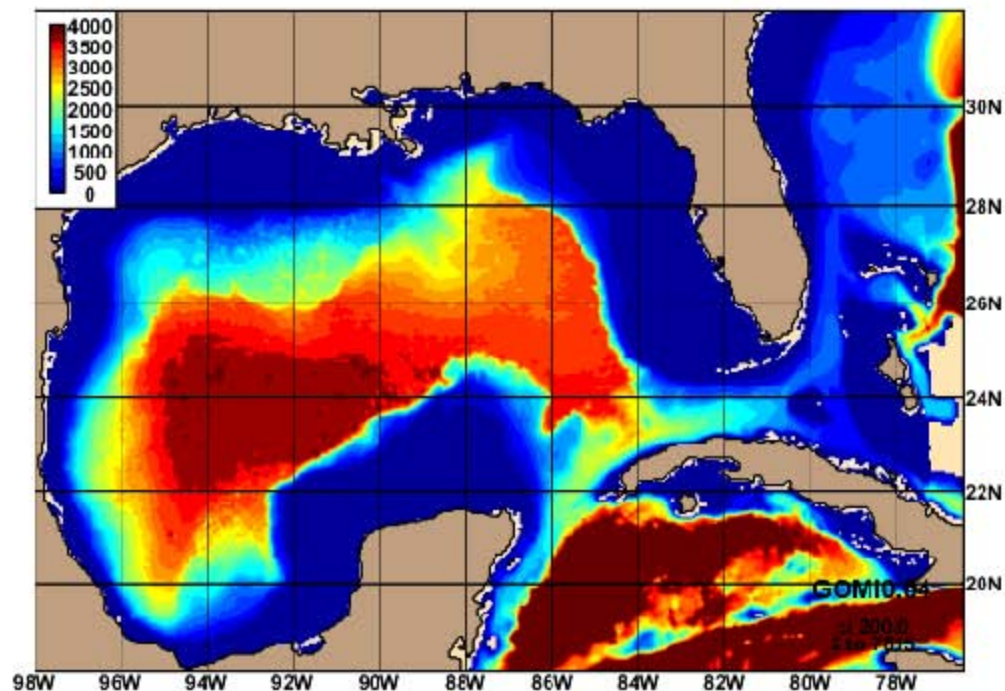
De acuerdo a diferentes autores (Nowlin, 1972; Eliot, 1982; Kirwan *et al.*, 1984; Vidal *et al.*, 1992), la circulación en el Golfo de México está determinada principalmente por la variación interanual de la corriente de Lazo, con flujo de entrada a través del canal de Yucatán, el cual es un factor principal de renovación del agua en la capa superficial.



Para caracterizar las condiciones físicas marinas del área en donde se ubicará el Proyecto, se obtuvieron valores de corrientes, salinidad y temperatura del agua generados del modelo HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model). De acuerdo a HYCOM (2016), este 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°), 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°) 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 6.16 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 6.16 Profundidades (en metros) usadas por HYCOM del Golfo de México en la versión GOMI0.04_72 (fuente: HYCOM, 2015)

Para caracterizar la región ubicada mar adentro (offshore) en el Golfo de México dentro de las coordenadas longitud 92 ° Oeste a 94° Oeste y latitud 18° Norte a 20° Norte, 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 10m 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 6.17 se muestra un diagrama de rosa de las corrientes (velocidades y dirección promedio) para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 (longitud 93.88 Oeste y latitud 18.36 Norte) con base en datos correspondientes al periodo 2009-2014.

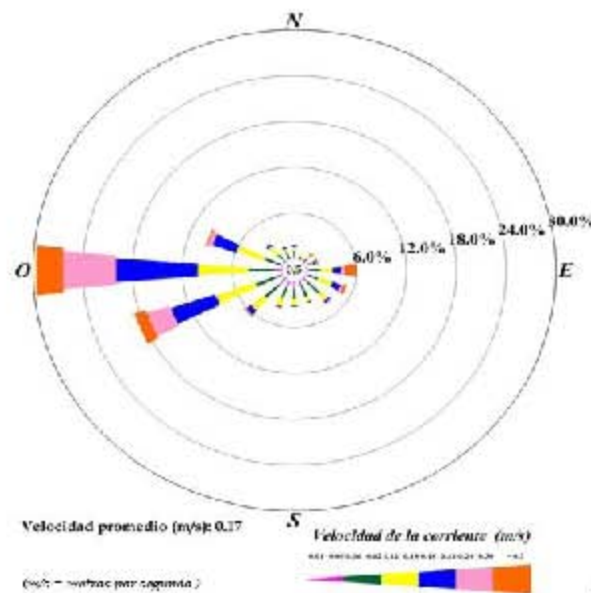
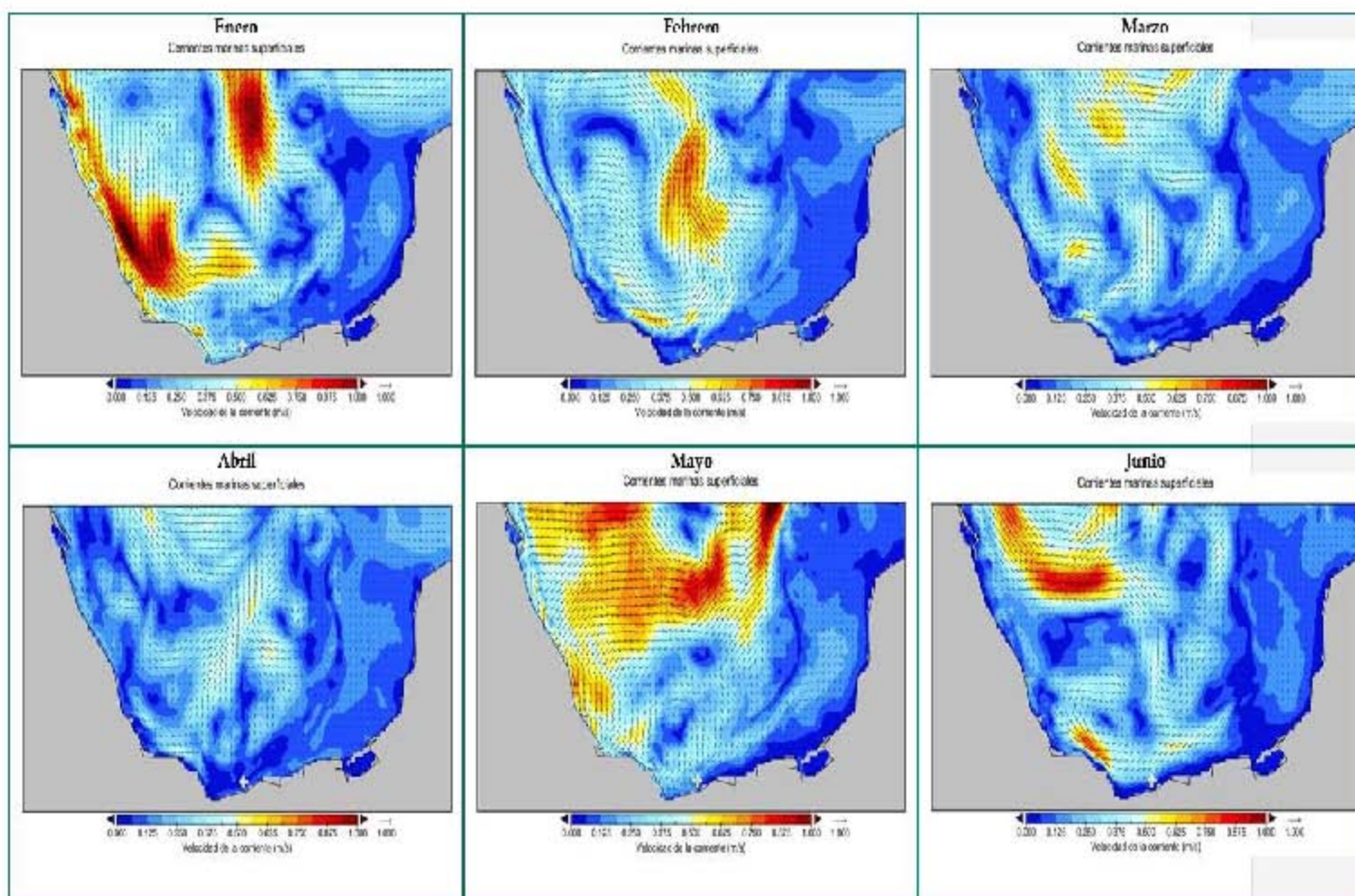


Figura 6.17 Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 para el periodo 2009-2014 (fuente: adaptado de HYCOM, 2016)

Por otro lado, en la Figura 6.18 y en la Figura 6.19 se presentan ejemplos de corrientes superficiales marinas (imágenes al instante) en el Golfo de México que se obtuvieron 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 1 en la parte sur del Golfo de México están un tanto

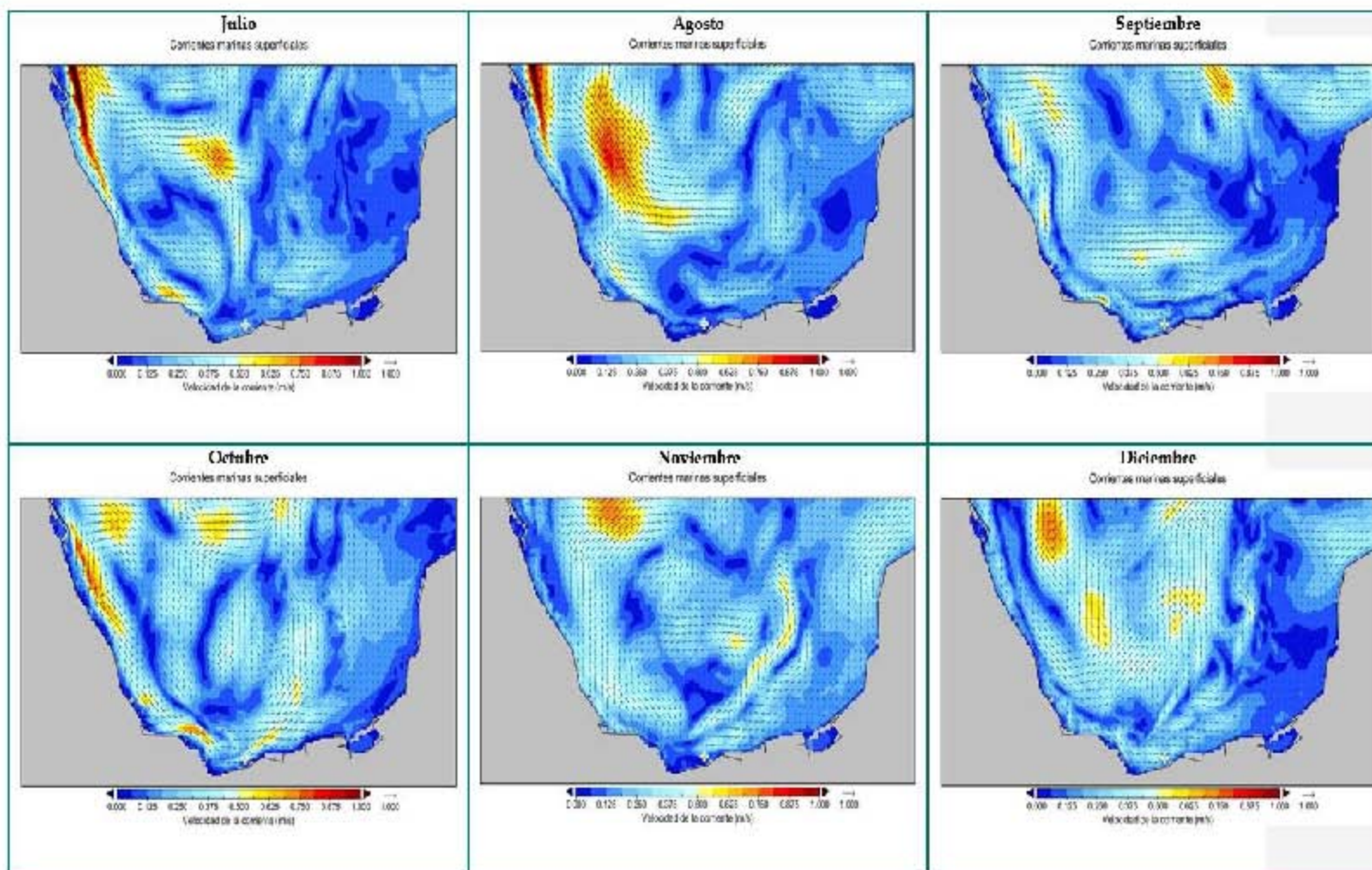


protegidas de esta variabilidad. El fondo de los remolinos de las corrientes hacia la izquierda (contrarreloj) en el sureste del Golfo de México, a menudo dirige corrientes superficiales desde el sitio del Área Contractual 1 hacia el este.



Nota: + Ubicación del Área Contractual 1

Figura 6.18 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (enero-junio) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016)



Fuente: ERM, 2016 Nota + Ubicación del Área Contractual 1

Figura 6.19 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (julio-diciembre) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016)



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 del Área Contractual 1 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.

Con base a la información de corrientes obtenida de HYCOM (2016) descrita anteriormente y datos de olas obtenidas de NOAA (2016), se calcularon los promedio mensuales de olas y corrientes para la el Área contractual 1 mediante el uso de técnicas de ingeniería costera para el asomeramiento y ruptura de olas (Kamphuis 2010). En la Tabla 6.10 se presenta un resumen con la altura de la ola, periodo, velocidad y dirección de la corriente por mes. Las corrientes en el área se consideran moderadas a través de todo el año oscilando entre 0.14 y 0.20 m/s.

Tabla 6.10 Resumen de las corrientes y olas en el Área Contractual 1

Parámetro	Unidades	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Altura de la ola	(m)	1.37	1.49	1.41	1.20	1.05	0.95	1.00	0.80	1.00	1.25	1.25	1.51
Periodo de la ola	(s)	5.1	5.3	5.1	4.9	4.6	4.1	4.2	4.2	4.8	5.0	5.0	5.2
Corriente	(m/s)	0.15	0.14	0.15	0.14	0.18	0.19	0.20	0.16	0.19	0.15	0.16	0.15
Angulo de la corriente	(Grados)	-160	-165	-166	-162	-163	-165	-173	-164	149	-175	-161	-164

Nota: m/s = metros por segundo; m = metros; s = segundos.

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 6.20, se presenta un ejemplo de un perfil de salinidad (1 de enero del 2014) generada del modelo HYCOM para la zona en donde se ubica el Área Contractual 1.

En tanto a 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 6.21, se presenta un ejemplo de perfil térmico (1 de enero del 2014) generada del modelo HYCOM para el sitio en donde se ubica el Área contractual 1.

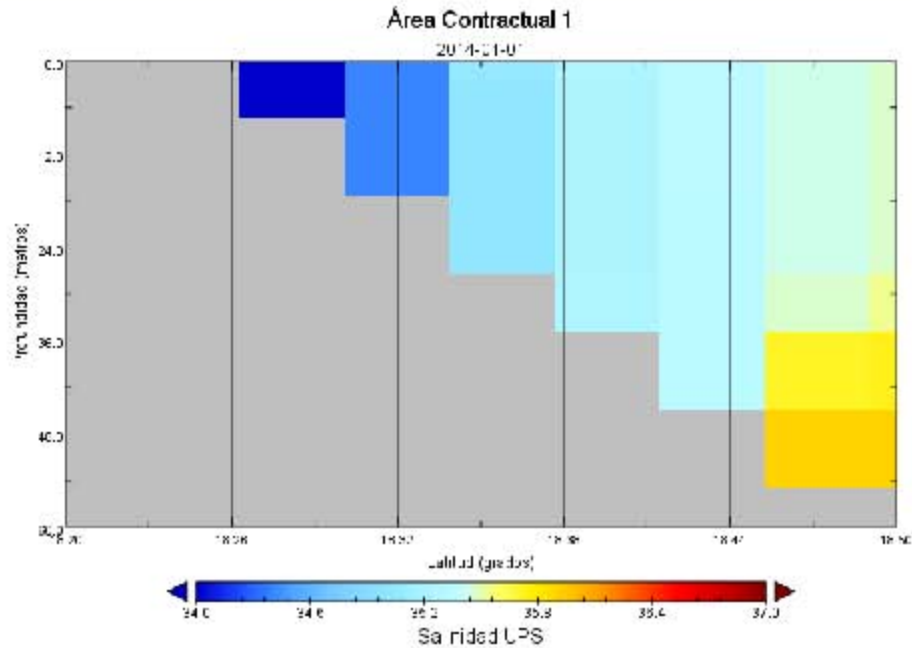


Figura 6.20 Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016)

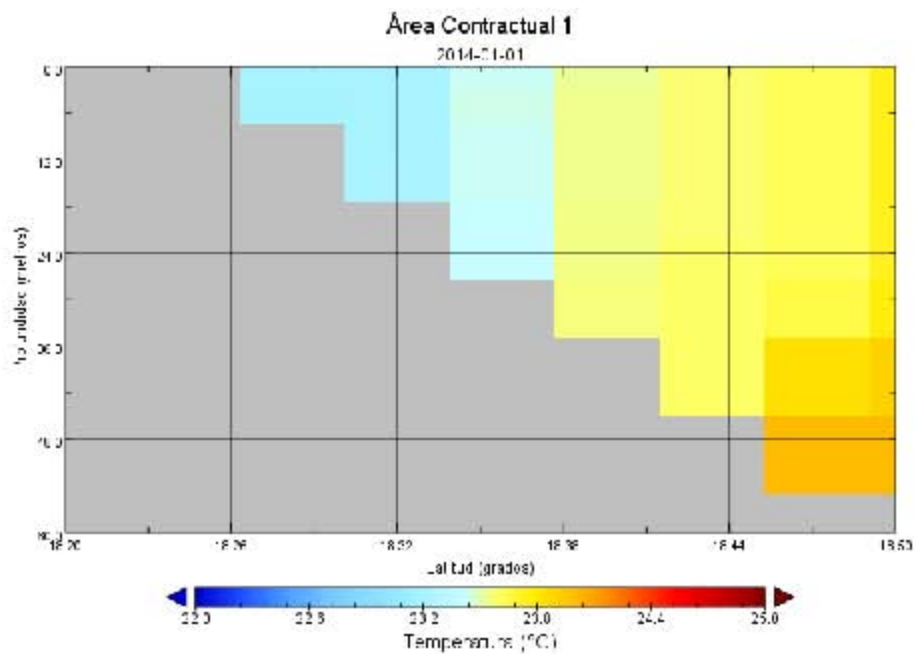


Figura 6.21 Ejemplo perfil térmico para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM (fuente: Ajustado de HYCOM, 2016)



6.2.5.3

Vientos

De acuerdo a SEMARNAT (2016) los vientos dominantes en el Área contractual 1 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 la zona en donde se ubica el Área Contractual 1 (longitud -94.0° y latitud 19.0°), 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 6.22 y en la Figura 6.23 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 6.24 se presenta un diagrama de rosa de la velocidad y dirección del viento promedio para todo el periodo 2009-2014.

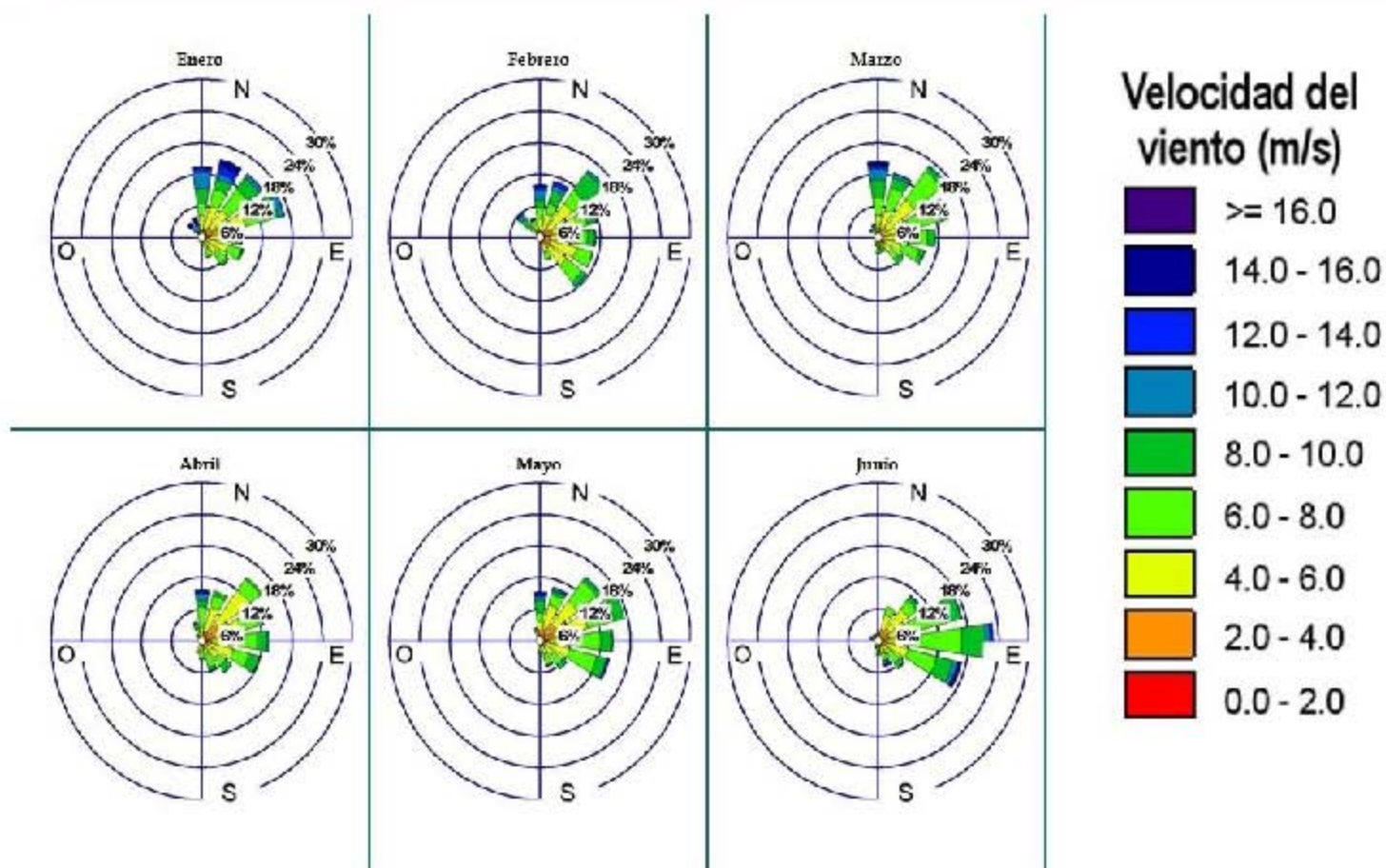


Figura 6.22 Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0 y latitud 19.0)

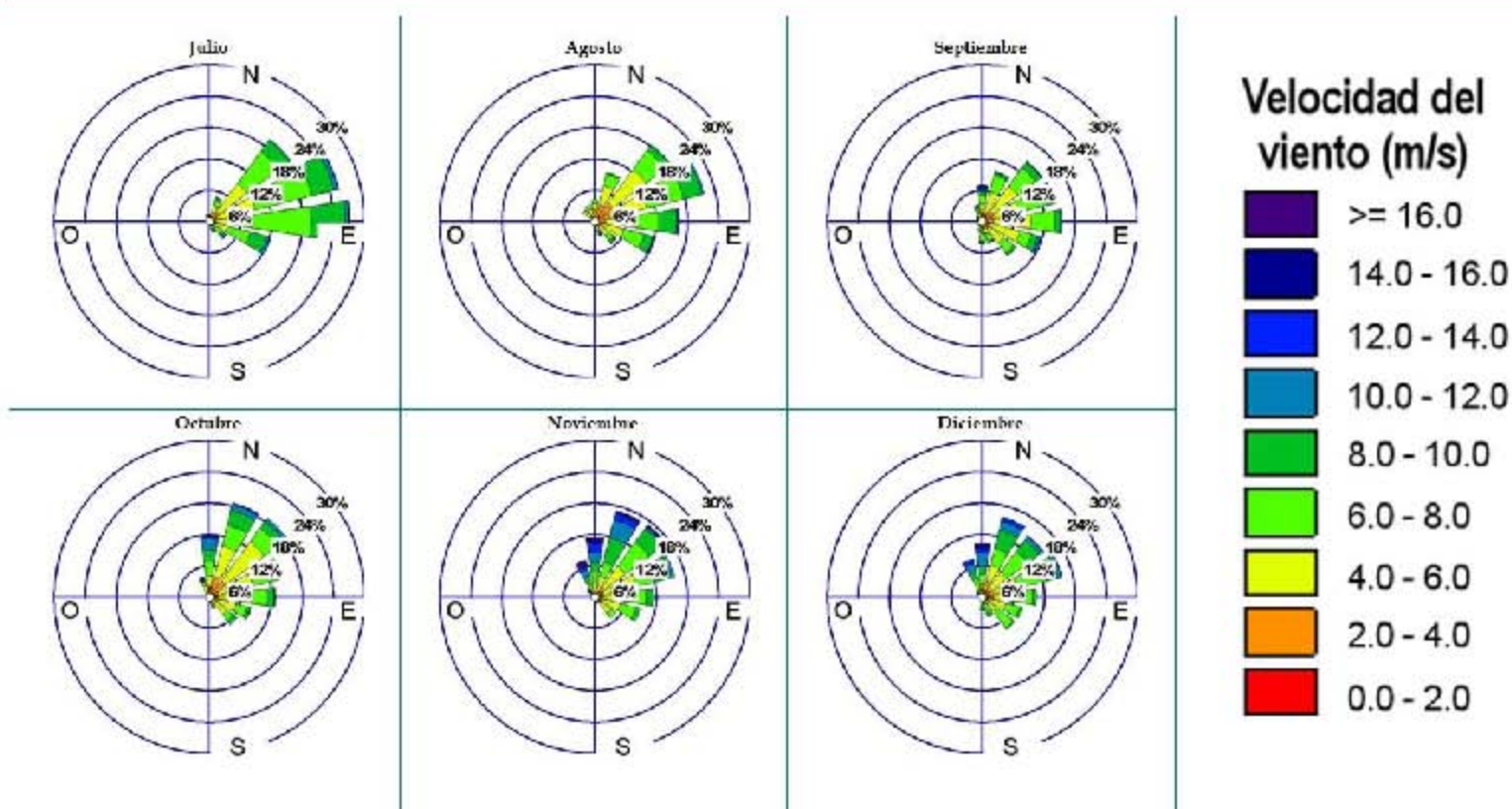


Figura 6.23 Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0 y latitud 19.0)

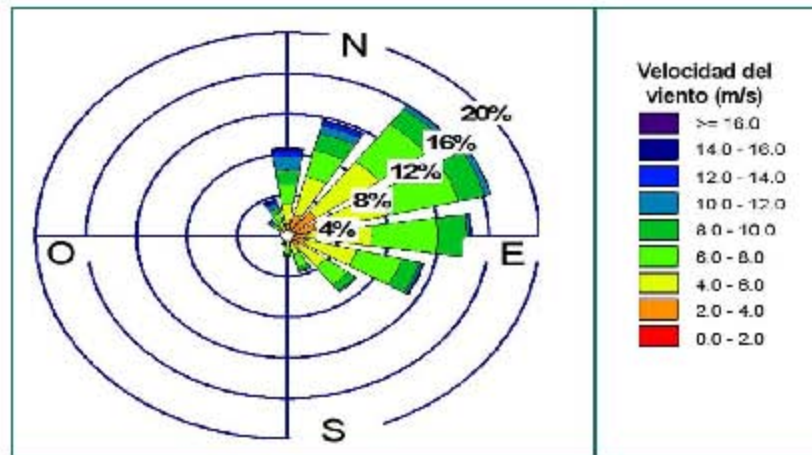


Figura 6.24 Diagramas de rosa de vientos promedio del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0° y latitud 19.0°)

6.2.5.4 Mareas

Para la descripción del ciclo de mareas en el área del proyecto, 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. 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 (Coatzacoalcos, Veracruz) 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 6.25).

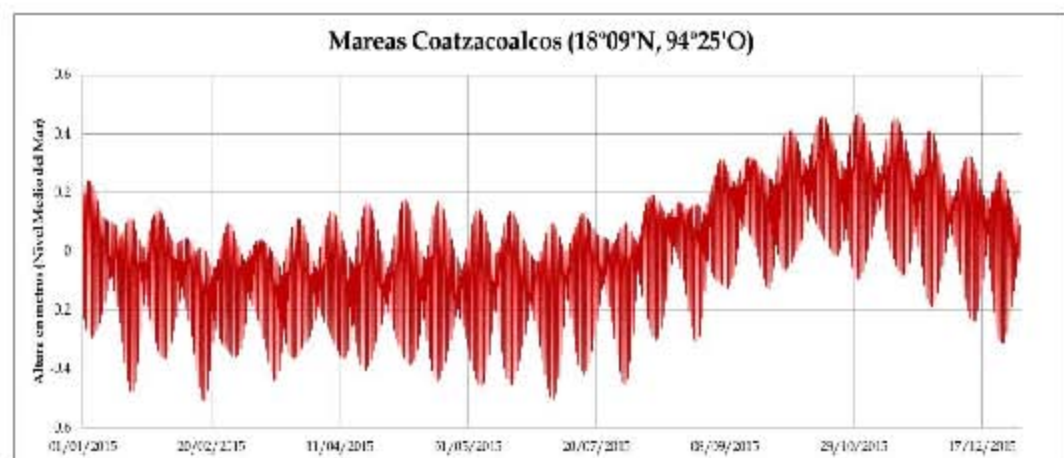




Figura 6.25 Representación gráfica del régimen de mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz (fuente: Ajustado de CICESE, 2016)

La otra estación mareográfica cercana al sitio (aproximadamente 65 kilómetros al sureste del Área contractual 1) 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).

En la Tabla 6.11 y Tabla 6.12 se presentan las características generales de las mareas para las estaciones Coatzacoalcos y Dos Bocas, respectivamente reportadas por SEMAR (2012a y 2012b) para Veracruz y Tabasco.

Tabla 6.11 Características de las mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz

Marea	Nivel
Pleamar máxima registrada	1.280 m
Nivel de pleamar media superior	0.396 m
Nivel de pleamar media	0.376 m
Nivel medio del mar	0.238 m
Nivel de bajamar media	0.101 m
Nivel de bajamar media inferior	0.000 m
Bajamar mínima registrada	-0.560 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: SEMARa, 2012

Tabla 6.12 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: SEMARb, 2012



6.2.5.5

Patrones de dispersión de sedimentos

La zona en donde se ubica el Área Contractual 1 está inmersa en la llamada Bahía de Campeche, la cual se caracteriza por la presencia de sedimentos biógenos y carbonatos compuestos de arena gruesa y limosa terrígena correspondiente al ambiente de plataforma somera. Los sedimentos terrígenos de arcilla y limo presentes en la zona son el producto del acarreo de los ríos Grijalva-Usumacinta, San Pedro y la desembocadura de la Laguna de Términos en donde concurren los ríos Palizada, Chumpan y Candelaria. De acuerdo a Milliman y Farnsworth (2011) la carga de sedimentos descargada en el Golfo de México y que proviene de los ríos Grijalva y Usumacinta se ha estimado por encima de las 7.5 millones de toneladas por año.

Los porcentajes de carbonato de calcio aumentan de una manera gradual desde la Laguna de Términos y de la desembocadura del río Champotón. La estratigrafía de los sedimentos de la Bahía de Campeche se caracteriza por presentar una capa de arcilla superficial seguida por una secuencia alternada de arcillas y arenas. Las primeras capas varían de muy firmes a duras y las segundas son medianamente densas (Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada 1990). En la Tabla 6.13 se presenta una descripción del suelo marino en la Bahía de Campeche a diferentes profundidades.

Tabla 6.13 *Estratificación del suelo marino en la Bahía de Campeche*

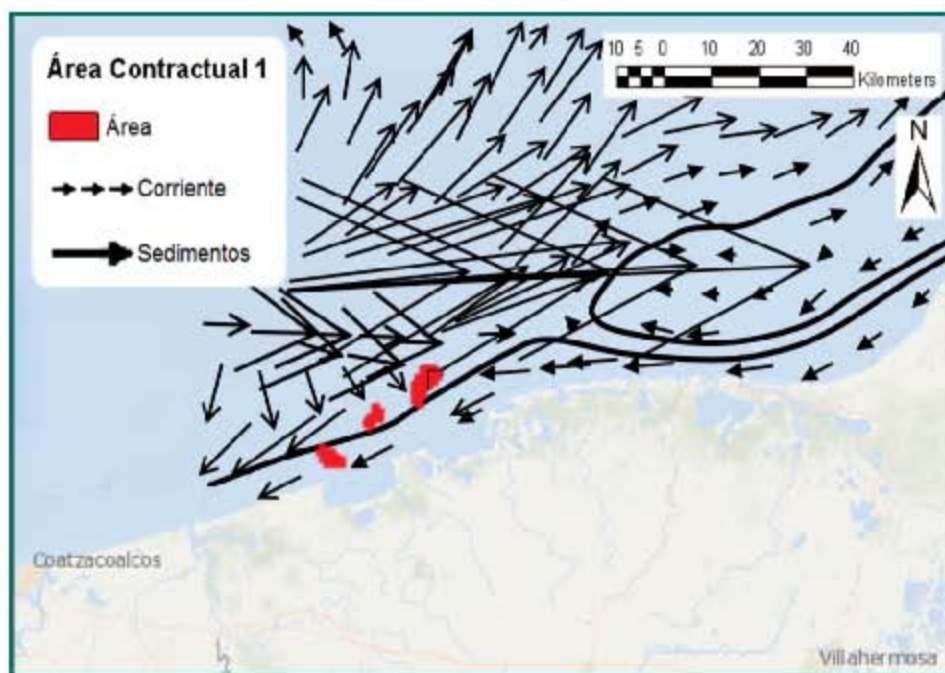
<i>Profundidad (m)</i>	<i>Descripción del suelo</i>
15	Arcilla de muy blanda, de color gris con fragmentos de concha
30	Arena carbonatada, de gruesa a fina y de medio densa a densa de color gris claro.
45	Arcilla muy fina color gris, con fragmentos de concha. Arena fina ligeramente calcárea medio densa a densa de color gris con
60	Arena fina ligeramente calcárea medio densa a densa, color gris con fragmentos de concha.
75	Arena fino limosa carbonatada, medio densa, gris con fragmentos de concha.
90	Arcilla muy firme a dura, gris con fragmentos de concha.
105	Arena gruesa a fin carbonatada de densa a muy densa de color gris. Arcilla de muy firme a dura, floculada, color gris con fragmento de
120	Arcilla de muy firme a dura floculada, color gris con fragmento de concha. Arena fina calcárea muy densa, color gris con fragmento de
135	Arcilla de muy firme a dura, color gris con fragmento de concha.

Fuente: Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada 1990



Con base a la dinámica de las Corrientes en el Área Contractual 1 y al tipo de sedimentos encontrado, los patrones de sedimento suspendido se mueven hacia el oeste transportado por la corriente costera que se dirige hacia la misma dirección y por las olas en la zona de rotura. Sin embargo, a finales de los meses de verano y otoño, el sedimento podría ser capturado por los giros ciclónicos-anticiclónicos y moverse hacia el noreste. En la Fuente: *Ajustado de Martínez-López y Pares-Sierra, 1998*

Figura 6.26 se presentan los patrones de sedimentos suspendidos en la zona en donde se ubica el Área Contractual 1 de acuerdo a lo reportado por Martínez-López y Pares-Sierra (1998).



Fuente: *Ajustado de Martínez-López y Pares-Sierra, 1998*

Figura 6.26 *Patrones de sedimentos en el Área Contractual 1*

Las propiedades físicas de los sedimentos a lo largo de la línea costera del Área Contractual 1 fueron determinadas utilizando muestras colectadas por ERM en abril del 2016 y analizadas por el laboratorio Intertek. En la Tabla 6.14 se presenta un resumen de la composición de los sedimentos recolectados durante la campaña de muestreo de abril 2016 en cinco sitios dentro del Área Contractual 1. Los resultados indican que por lo menos entre 70 y 90% de los sedimentos están compuestos de arena, entre el 2 y 3% de limo; mientras que entre el 6 y 26% de arcilla.



El transporte de sedimentos a largo de la línea costera se debe principalmente a dos procesos:

1. Transporte de sedimentos inducidos por olas entrantes que rompen en las aguas someras.
2. Transporte de sedimentos inducidos por corrientes locales en el fondo marino.

Estos dos procesos de transporte de sedimentos fueron evaluados a fin de identificar que procesos son dominantes. Para esto, se utilizaron la fórmula dada por Kamphuis (1991) para el transporte de sedimentos debido al rompimiento irregular de las olas; y la ecuación de Soulsby-Van Rijn (Soulsby, 1997) para el transporte de sedimentos debido a las corrientes.

Tabla 6.14 *Partículas elementales de las muestras de sedimentos recolectadas en abril del 2016 en el Área contractual 1*

Muestra	Coordenadas WGS 84		Unidades	Resultado
	Latitud	Longitud		
E3-SED	18° 17.770	93° 55.009	Arena %	90.14
			Limo %	2.43
			Arcilla %	7.42
A1-SED	18° 20.543	93° 53.537	Arena %	88.72
			Arcilla %	2.61
			Limo %	8.66
A3-SED	18° 19.270	93° 50.953	Arena %	89.30
			Arcilla %	2.82
			Limo %	7.86
E2-SED	18° 20.903	93° 45.881	Arena %	91.20
			Arcilla %	2.87
			Limo %	5.91
M1-SED	18° 23.190	93° 47.927	Arena %	71.27
			Arcilla %	2.32
			Limo %	26.40

Fuente: Ayala-Castañares y Gutiérrez-Estrada, 1990

La ecuación de Kamphuis se basa en asumir que la tasa de transporte de sedimentos es proporcional al flujo de energía de las olas irregulares de ruptura (Kamphuis, 1991); mientras que la ecuación de Soulsby-Van Rijn se basa en el transporte de sedimentos que ocurre en la presencia de corrientes locales fuertes en la línea costera (Soulsby, 1997). Estas ecuaciones de transporte de sedimento se utilizaron para estimar las tasas de transporte de sedimentos como flujo de volumen en metros cúbicos por segundo de sedimento. Las tasas de transporte de



sedimentos resultantes fueron integradas sobre el tiempo y promediadas a fin de proveer valores promedio mensuales para las condiciones de operación (metros cúbicos de sedimento por mes). Las ecuaciones usadas para el cálculo del transporte de sedimentos están sujetas a limitaciones intrínsecas, en particular, dichas ecuaciones suponen que hay un monto infinito de sedimentos a lo largo de la línea costera y por lo tanto no se incluyen sumideros de sedimentos tales como pérdidas en tierra debido a erosión eólica y pérdidas costa afuera (offshore) en aguas profundas. Por lo anterior, las ecuaciones utilizadas sobreestiman las tasas de transporte de sedimentos que actualmente ocurren a lo largo de la línea costera (Kamphuis, 2010). Además, las ecuaciones de transporte de sedimentos no ofrecen una alta precisión y proporcionan predicciones que se encuentran dentro de un factor de cinco del valor actual (Soulsby, 1997). Dadas las limitaciones de las ecuaciones de transporte de sedimentos, los valores estimados para esta evaluación deberán ser considerados como tasas de transporte de sedimentos potencial que puede ocurrir en el Área Contractual 1. En la Tabla 6.15 se presentan los resultados de transporte de sedimentos calculado por mes para el Área Contractual 1.

Tabla 6.15 Tasas de transporte de sedimentos (m^3/mes) para el Área contractual 1

<i>Ecuación</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>
Kamphuis	4,400	5,500	4,700	3,200	2,200	1,500	1,800	1,100	2,200	3,600	3,600	5,500
Soulsby-VR	508	817	782	381	374	309	536	169	146	829	466	842
Dirección (Grados)	-160	-165	-166	-162	-163	-165	-173	-164	149	-175	-161	-164

Tanto el transporte de sedimento inducido por las olas (ecuación de Kamphuis) como el inducido por las corrientes (ecuación de Soulsby-Van Rijn) se mantienen a través de todo el año; sin embargo, el transporte inducido por las olas se limita a una zona muy estrecha, en donde las olas se rompen cerca de la playa. Con base al perfil de la playa y la altura de las olas se estimó la extensión de la zona de rompientes hasta 500 metros costa afuera a una profundidad de 0 a 2 metros y por lo tanto la parte más profunda del Área Contractual 1 es poco probable que reciba sedimentos de las olas rompientes.

Por otro lado, el transporte de sedimentos inducido por las corrientes representa la mayor fuente de transporte de sedimentos en el Área Contractual 1. Dado que el sedimento de fracción más fina (limo y arcilla) puede ser movido por las corrientes de fondo, el sedimento se moverá paralelamente a la dirección de la corriente. De acuerdo a la ecuación de Soulsby-VR y a las corrientes en el Área Contractual 1, los volúmenes de transporte de sedimentos para dicha área van desde 146 m^3 hasta 842 m^3 mensuales.



Los valores de transporte de sedimentos estimados para el Área Contractual 1 son similares a lo reportado en estudios previos (p.ej., Martínez-López and Pares-Sierra, 1998) llevados a cabo en la zona. La dirección dominante del sedimento es hacia el Oeste-Suroeste (OSO) con ángulos que oscilan entre los 160 grados y los -175 grados.

6.2.6 *Calidad de Agua de Mar*

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).

En la Tabla 6.16 se presentan los resultados de las mediciones de los parámetros fisicoquímicos tomadas en campo, así como los resultados de laboratorio para los mismos parámetros.

Por otro lado, el *Apéndice 6.1* presenta un resumen de los resultados analíticos de agua marina en el Área Contractual 1, y en los *Apéndices 6.2 a 6.8* se detallan los resultados por parámetro.

Los reportes de laboratorio emitidos por ITS, que presentan todos los resultados analíticos para las muestras de agua así como las cadenas de custodia, se presentan en el *Anexo 5.3*.

6.2.6.1 *Parámetros fisicoquímicos*

Con el objeto de determinar las características fisicoquímicas del agua marina en el Área Contractual 1, en campo se midieron los parámetros que se mencionan a continuación y además se analizaron en el laboratorio analítico ITS:

- A. *Salinidad y Temperatura*
- B. *Potencial hidrógeno (pH)*
- C. *Oxígeno Disuelto*
- D. *Turbidez*



A continuación se detallan los resultados y análisis de los parámetros mencionados



Tabla 6.16 Registro de parámetros básicos de calidad de agua de mar

Estación muestreo	Muestra	Prof. (m)	Temp. (°C)			pH		OD (mVL)		Turbidez (UNT)	
			Campo	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.
A1	A1-S	1.0	24.30	34.40	35.85	8.13	8.11	4.99	8.51	1.2	2.74
	A1-M	8.0	23.60	35.36	36.62	8.15	8.11	4.68	7.80	0.53	0.62
	A1-F	15.0	24.20	35.01	36.50	8.50	8.08	2.46	7.78	1.05	2.70
A2	A2-S	1.0	25.76	34.87	34.55	8.12	8.12	5.11	7.55	1.34	<0.1
	A2-M	7.0	24.83	33.90	48.89	8.10	8.03	5.30	7.93	0.89	<0.1
	A2-F	14.0	24.42	35.65	33.00	7.98	8.08	6.91	7.64	1.64	<0.1
A3	A3-S	1.0	25.53	35.32	35.97	8.15	8.09	8.00	7.85	0.95	1.53
	A3-M	6.0	24.80	34.47	36.26	8.30	7.99	3.70	8.38	1.75	3.47
	A3-F	12.0	24.52	35.46	36.48	8.12	8.10	4.75	8.71	1.47	6.60
M1	M1-S	1.0	24.81	35.27	36.48	8.21	8.10	5.95	7.46	1.22	2.18
	M1-M	15.0	24.89	35.68	36.98	8.24	8.10	3.86	7.81	1.30	2.66
	M1-F	29.0	23.40	34.79	36.89	8.01	8.07	3.36	8.44	1.25	2.88
M2	M2-S	1.0	25.82	34.86	36.20	8.00	8.13	3.12	7.67	1.33	1.93
	M2-M	15	24.85	33.80	36.92	8.13	8.02	3.15	7.56	0.86	2.48
	M2-F	29.0	24.83	34.96	36.99	8.16	8.11	2.98	7.67	1.62	1.45
M3	M3-S	1.0	26.10	35.53	36.19	8.18	8.12	3.63	8.50	1.16	1.49
	M3-M	15.0	24.97	34.62	36.98	8.20	8.13	3.86	7.80	1.29	2.15
	M3-F	30.0	24.93	34.71	36.88	8.18	7.74	2.45	8.78	1.56	1.40
T1	T1-S	1.0	25.30	35.40	30.19	8.12	8.10	4.95	8.14	1.20	1.80
	T1-M	15	23.64	36.36	34.67	8.06	8.11	4.86	7.66	0.53	4.20
	T1-F	30.0	24.27	37.01	33.41	7.98	8.08	2.36	7.57	1.05	<0.1
T2	T2-S	1.0	26.78	34.86	34.27	8.00	8.11	4.12	7.58	1.34	<0.1
	T2-M	15.0	27.07	33.80	34.77	8.12	8.12	3.91	7.51	0.89	0.1
	T2-F	30.0	25.35	34.96	34.38	8.03	8.12	5.00	7.61	1.64	<0.1
T3	T3-S	1.0	25.36	34.10	34.14	8.01	8.12	4.65	7.59	1.22	<0.1
	T3-M	15.0	24.45	33.56	32.25	8.03	8.12	3.46	7.82	1.00	<0.1
	T3-F	30.0	23.44	32.00	34.85	8.07	8.08	3.41	7.50	1.33	<0.1
E1	E1-S	1.0	25.33	33.10	34.06	8.05	8.12	4.45	7.44	0.96	<0.1



Estación muestreo	Muestra	Prof. (m)	Temp. (°C)		Salinidad (UPS)			pH		OD (m/L)		Turbidez (UNT)	
			Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.	Campo	Lab.	
	E1-M	15.0	24.26		31.56	34.77		8.12	8.12	3.36	7.67	1.00	<0.1
	E1-F	30.0	23.67		34.00	33.00		8.65	8.06	3.31	7.61	1.15	<0.1
E2	E2-S	1.0	25.32		31.96	36.48		8.14	8.09	4.12	7.61	1.24	2.75
	E2-M	6.0	24.25		32.92	36.73		8.12	8.12	3.17	7.68	1.09	1.82
	E2-F	12.0	24.12		32.62	36.87		7.99	8.10	4.91	7.73	1.44	1.57
E3	E3-S	1.0	25.37		33.53	35.95		8.18	8.10	5.21	7.76	1.23	5.01
	E3-M	6.0	24.99		35.39	36.33		8.13	8.11	3.45	7.77	1.34	3.62
	E3-F	12.0	24.46		31.96	36.59		8.14	8.06	4.92	7.77	1.51	9.88

Fuente: ERM, 2016



A. Resultados y análisis de salinidad y temperatura

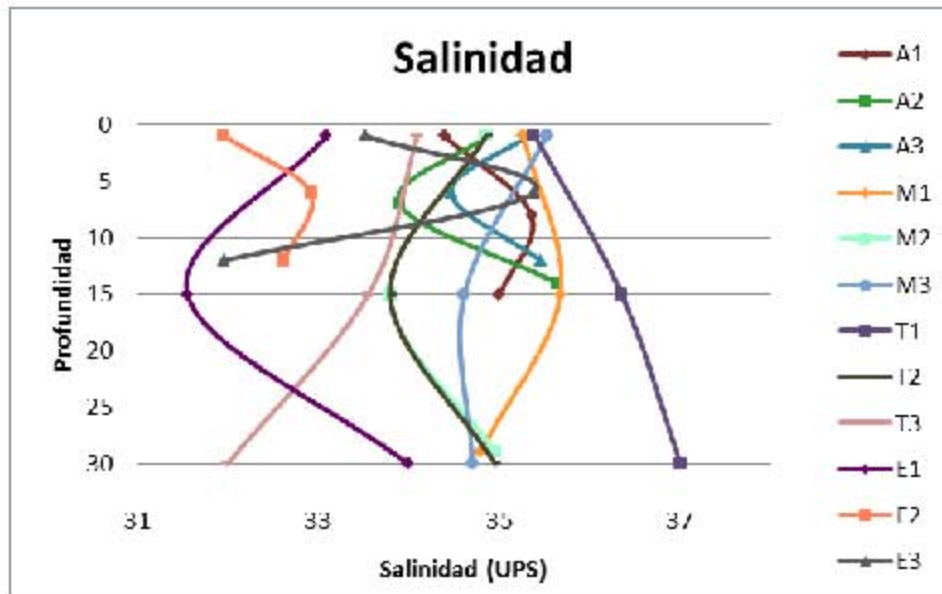
El promedio de concentración de sales disueltas en el agua de mar ronda el 3.5% en peso, lo cual se expresa actualmente en partes por mil y se indica de la siguiente forma ‰. A continuación se listan los 11 componentes que en conjunto forman el 99.9% de los constituyentes disueltos del agua de mar (ver Tabla 6.17)

Tabla 6.17 Iones en el agua de mar

Iones	‰	Categoría
Cloruro, Cl ⁻	18.98	Aniones (iones negativos) 21.86%
Sulfato, SO ₄	2.649	
Bicarbonato, HCO ₃	0.14	
Bromuro, Br	0.065	
Borato, H ₂ BO ₃	0.026	
Fluoruro, F	0.001	
Sodio, Na	10.56	Cationes (iones positivos) 12.62%
Magnesio, Mg ²	1.272	
Calcio, Ca ²	0.4	
Potasio, K	0.38	
Estroncio, Sr ²	0.013	
Salinidad total		34.482‰

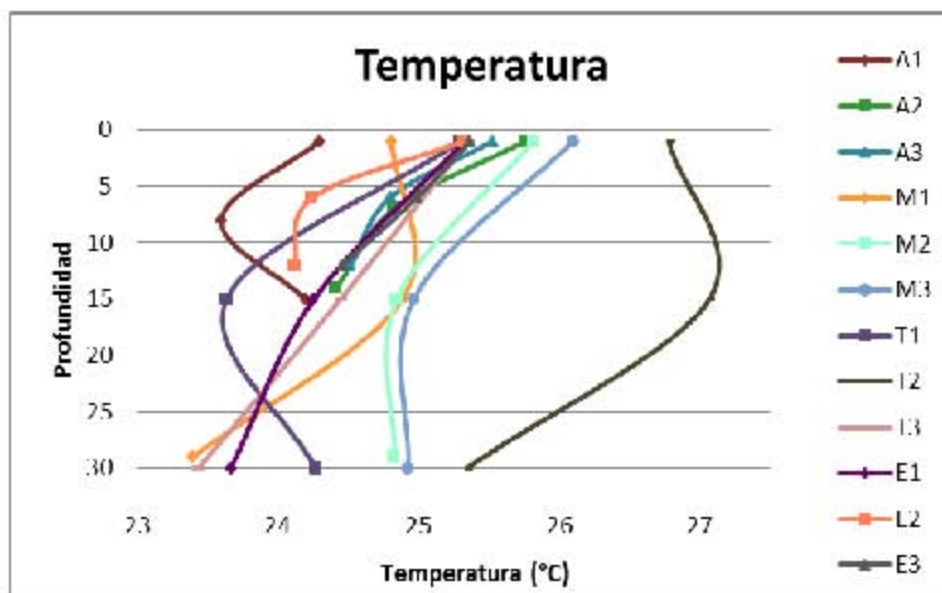
Fuente: ERM, 2016

La salinidad del agua de mar en el Área Contractual 1 presentó un valor promedio de 34.38 Unidades Prácticas de Salinidad (UPS), lo cual es un poco bajo para los valores reportados para el Golfo de México en la literatura, sin embargo, este valor se puede asociar a las temperaturas ligeramente altas del agua del Área Contractual 1 (Grupo Interacción Océano Atmósfera, 2016)(ver Gráfica 6.4).



Gráfica 6.4 Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 1

Por su parte, la temperatura en toda la columna de agua se mantuvo entre los 23.40°C y 27.07°C, con una ligera tendencia a la baja en el estrato más profundo de muestreo (ver Gráfica 6.5).



Gráfica 6.5 Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 1

Al combinar las mediciones y distribución de la temperatura y salinidad se pueden determinar las masas de agua correspondientes al área de estudio, principalmente en el sentido vertical, lo que depende especialmente de su densidad.



A continuación se presentan las gráficas Temperatura-Salinidad de las estaciones de muestreo que se localizan dentro de los tres campos: Amoca-1, Miztón-1 y Tecoailli-1 (ver Gráfica 6.6, Gráfica 6.7 y Gráfica 6.8).

Campo Amoca-1

En la gráfica para el punto A1, se puede visualizar una haloclina a los 4 metros de profundidad, la cual se explica por la mezcla turbulenta prevaleciente en el sitio al momento de la toma de la muestra; adicionalmente se puede notar otra haloclina a la profundidad de 14 metros. El gradiente de salinidad varía en este punto entre los 34.3 UPS y 35.5 UPS, estas dos variables se explican como la haloclina correspondiente a una columna de agua con una profundidad máxima de 15 metros y, por tanto, con muy poca variación estacional, en una temporada de transición en la que se termina la temporada de nortes e inicia la temporada de primavera.

Para el punto A2, se pudo determinar una pycnoclina bien definida a una profundidad de 9 metros, misma que también se puede explicar con base en la estacionalidad del sitio (fin del invierno, inicio de la primavera) así como por la una profundidad máxima de 14 metros encontrada en el sitio del muestreo. El gradiente de salinidad presente en esta columna de agua va de 34 UPS a 35.5 UPS.

En el punto de muestreo A3 se encontró una curva que se puede interpretar como pycnoclina; a los 8 metros de profundidad, se pudo determinar también un rango de salinidad de 34.5 UPS a 35.5 UPS, proporcionando esta información las condiciones consistentes con la temporada del año así como con la profundidad que cuenta la columna de agua en el punto de muestreo.

Como análisis global para el Campo Amoca-1 y con base en las mediciones tomadas en campo, se puede detectar la presencia de la Masa Oceánica, denominada de Agua Común del Golfo de México, misma que se encuentra estratificada en dos capas debido a una capa pequeña, caracterizada por la mezcla turbulenta que se puede determinar a los 8 de profundidad y una capa con temperaturas más bajas a una profundidad aproximada de 15 metros para en este campo.

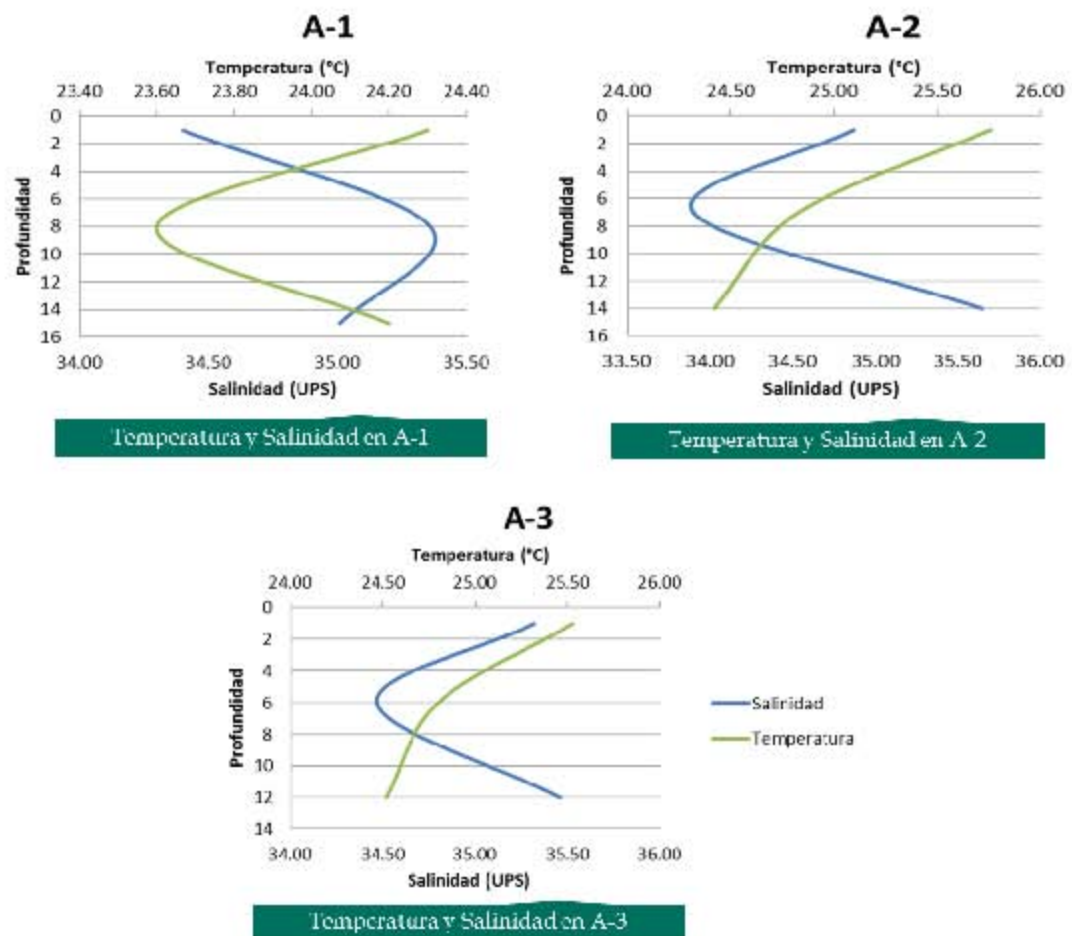
La masa de agua oceánica Común del Golfo de México, también conocida como Masa Oceánica del Golfo Occidental, presenta sus capas por encima de los 250 m con un gradiente de salinidades entre 36.4 UPS y 36.5 UPS, debido a la presencia de las aguas Subtropicales Subyacentes transportadas del Caribe por la Corriente de Lazo.

Esta estratificación de la columna de agua, es la reportada en la bibliografía por Vidal *et al.* (1990), por lo tanto, las condiciones que se encuentran en el área de estudio son las que se esperaría encontrar en esta región del Golfo de México. Con



base en las salinidades y temperaturas reportadas se puede indicar que la zona presenta el comportamiento esperado para las masas de agua oceánicas presentes en el Campo Amoca-1, no encontrándose anomalías en el comportamiento de la columna de agua que pudiera involucrar la diferencia de densidades y/o temperaturas.

El punto externo E3 se encontró una estratificación de la columna vertical derivado de la mezcla turbulenta aplicable al sitio, aunque debido a la poca profundidad encontrada en este punto se identifica la presencia de una sola masa de agua oceánica. El gradiente de salinidad se encontró entre los 32 y los 35.5 UPS mismo que está un poco debajo de los promedios de salinidad reportados en la bibliografía para el Golfo de México, lo cual se puede explicar por la cercanía a la costa, así como por las aportaciones de agua dulce de los cuerpos de agua costeros.



Gráfica 6.6 *Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Amoca*

Lo cual indica que las condiciones de salinidad y temperatura reportadas para la columna vertical en la estación E3 muestran un comportamiento esperado de acuerdo a lo reportado en la bibliografía de dicha zona del Golfo de México, y no se detectó valores anómalos de estos parámetros en la columna de agua.



Campo Miztón

El punto M1, presenta una curva donde se intersecta la salinidad y la temperatura a los 7 m de profundidad, lo cual permite identificar la capa de mezcla turbulenta para este punto de muestreo dado que la profundidad máxima de la columna es 8 m. El gradiente de salinidad registrado para el punto M1 va de 34.8 a 35.7 UPS.

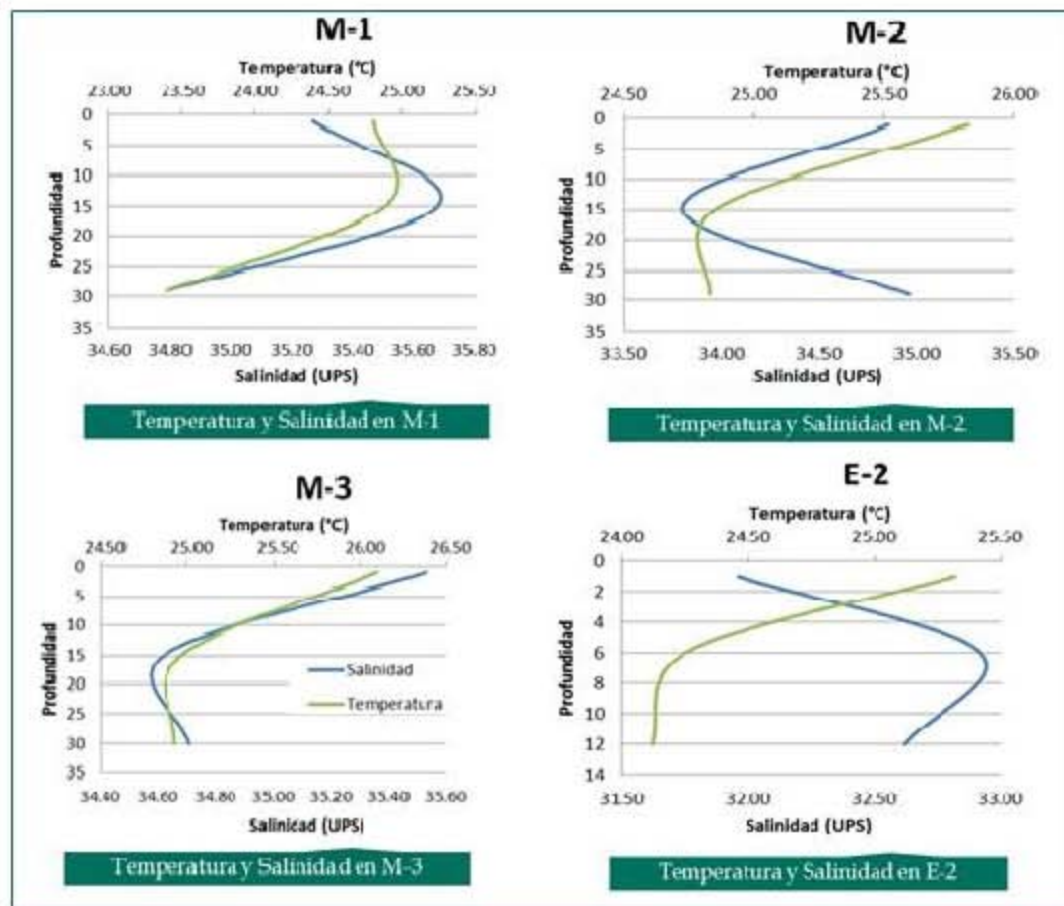
El punto de muestreo M2 presentó una pycnoclina alrededor de los 18 m; la mayor profundidad se encontró a los 30 metros y se pudo determinar un gradiente de salinidad entre los 34.7 y 35.5 UPS de salinidad. La intersección de ambas variables nos permite determinar la presencia de la estratificación en dos masas de agua en la columna caracterizada.

Dada la baja profundidad presente en los diferentes Estaciones de muestreo del Campo Miztón se puede determinar que en la zona del Campo Miztón se encuentra una sola masa oceánica; misma que está compuesta de agua superficial residente del Golfo de México, estratificada por una capa dominada por los procesos de mezcla turbulenta.

El comportamiento de las variables de temperatura y salinidad encontrado para las estaciones de muestreo ubicados en el Campo Miztón, han sido registrados previamente en la bibliografía, esto permite establecer que el comportamiento de las masas de agua oceánicas en el área del Campo Miztón es el esperado y no refleja anomalías.

El punto Externo E2 se caracterizó por presentar una estratificación de la columna a los 3 metros de profundidad mostrando los efectos de la mezcla turbulenta, sobre la columna de agua, la salinidad presentó un gradiente de salinidad entre los 32 a 33.5 UPS este gradiente se puede explicar por la cercanía a la costa.

Cabe indicar que las condiciones de salinidad y temperatura reportadas para la columna vertical en la estación de muestreo E2, muestran un comportamiento esperado de acuerdo a lo reportado en la bibliografía de dicha zona del Golfo de México, y no se detectó valores anómalos de estos parámetros en la columna de agua.



Gráfica 6.7 *Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Miztón*
Campo Tecoailli-1

En el punto de muestreo T1, se pudo encontrar el punto de intersección entre la salinidad y la temperatura a una profundidad de 8 metros; la profundidad total de la columna de agua es 30 m, por lo que se puede establecer la presencia de una estratificación en la columna de agua donde la capa superior se encuentra afectada por los vientos, generando así la capa de mezcla turbulenta. El gradiente de salinidad se encontró entre los 23.8 y 37.0 UPS, encontrándose los niveles más altos de salinidad distribuidos hacia la zona más profunda de la columna vertical; esta salinidad reducida se explica por las aportaciones de agua dulce de las lagunas costeras presentes en la línea de costa.

En el punto de muestreo T2 se encontró una intersección entre las variables o pycnoclina a la profundidad de 24 m y un gradiente de salinidad que fluctúa entre los 25.5 y 26.5 UPS, esta salinidad se encuentra por debajo de los promedios reportados en la bibliografía para el Golfo de México que está entre los 34 y 36.5 UPS, esta baja salinidad en la zona se explica por las aportaciones de agua dulce de los ríos y lagunas costeras (El Carmen, Pajonal y La Machona) que se encuentran en la línea de costa justo enfrente del área del proyecto.



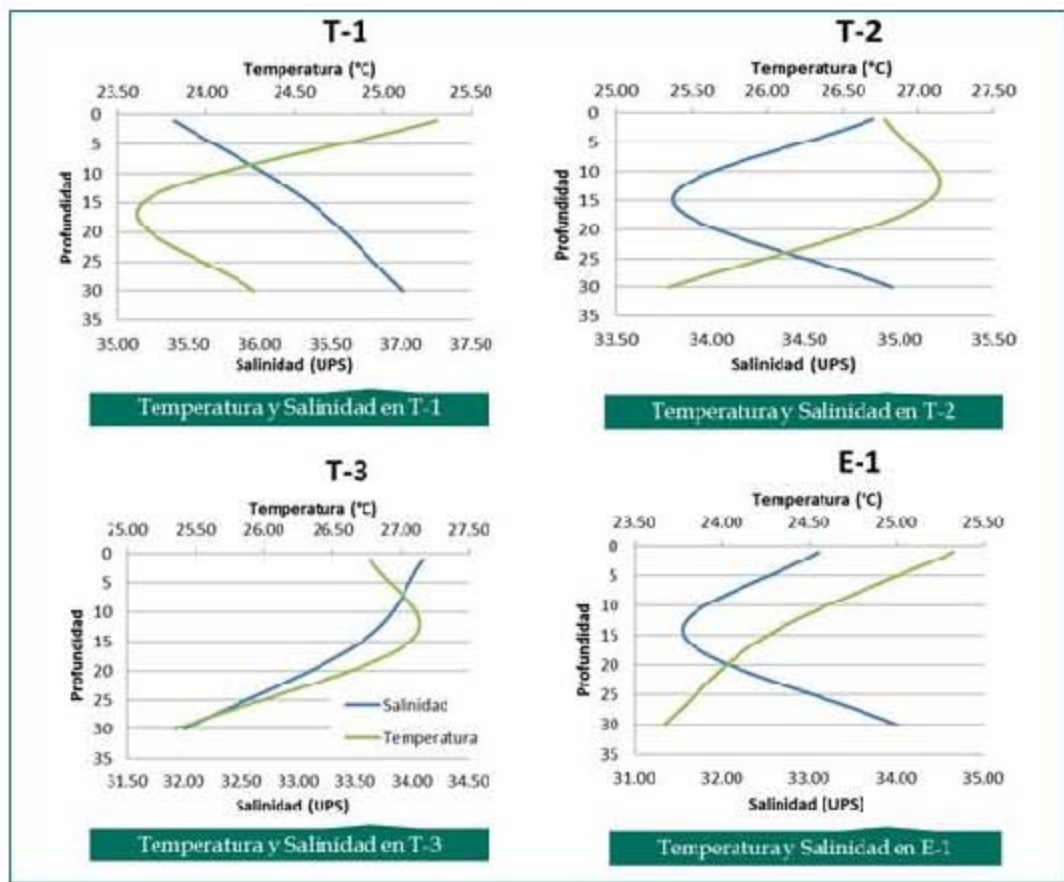
La conformación de la columna vertical nos permite distinguir una estratificación en dos capas, siendo la capa superior causada por los procesos de mezcla turbulenta y prácticamente se puede evidenciar la presencia de una misma masa de agua oceánica. El punto de muestreo T3 presentó la intersección de variables a una profundidad de 7.5 metros debiéndose nuevamente esta estratificación a los procesos de mezcla turbulenta, encontrándose una única masa de agua oceánica, el gradiente de salinidad encontrado en este punto de muestreo estuvo entre los 32.0 y 34.0 UPS.

En conjunto el Campo Teocalli-1 se caracteriza por la presencia de una sola masa de agua oceánica con un gradiente de salinidad entre los 24.0 y 37.0 UPS de salinidad, encontrándose la capa superior de la estratificación bien mezclada por los procesos de mezcla turbulenta. Adicionalmente se encuentra una salinidad disminuida en algunos puntos, que se explica por las aportaciones de agua dulce de los ríos que dan origen a las lagunas costeras mismas que a través de los flujos y reflujos aportan grandes cantidades de agua dulce a la zona marina costera donde se encuentran las estaciones de muestreo.

Cabe mencionar que las características encontradas en la zona del Campo Teocalli-1, son condiciones que se han reportado previamente en la literatura, para esta zona, por lo que se puede considerar un comportamiento normal de la columna de agua, consistente con lo reportado.

El punto externo E1 se caracteriza por presentar una pycnoclina de variables a la profundidad de 20 m, lo cual se puede interpretar como una sola masa de agua oceánica, sin embargo, la columna se encuentra bien estratificada como efecto de los procesos de mezcla turbulenta. Por otra parte se pudo determinar un gradiente de salinidad entre 31.5 UPS y 34 UPS que, aunque es un gradiente de salinidad por abajo del promedio mundial, es una salinidad más alta que en las estaciones de muestreo más cercanos a la costa.

Cabe indicar que las condiciones de salinidad y temperatura reportadas para la columna vertical en la estación de muestreo E1, muestran un comportamiento esperado de acuerdo a lo reportado en la bibliografía de dicha zona del Golfo de México, y no se detectó valores anómalos de estos parámetros en la columna de agua.

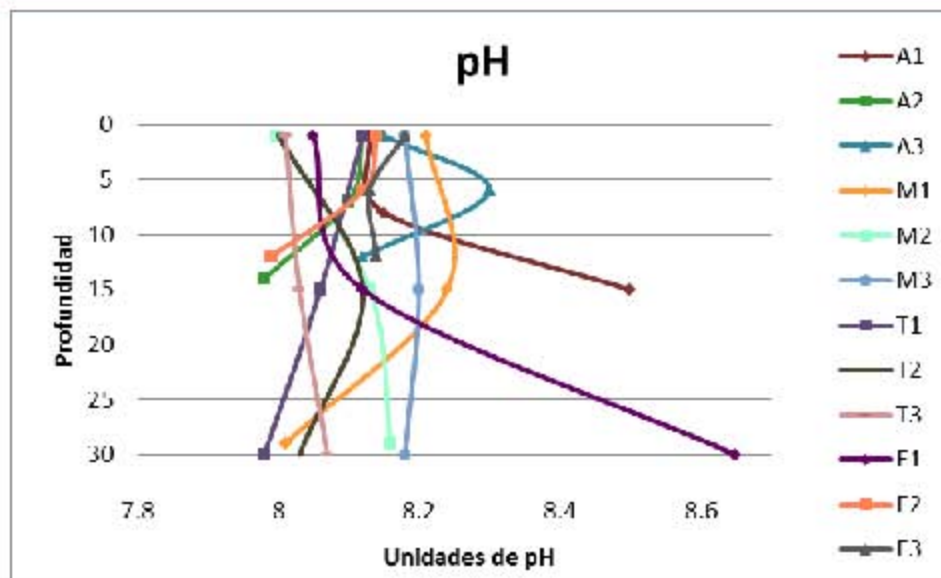


Gráfica 6.8 Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Tecoailli

B. Resultados y análisis de pH

En el mar la alcalinidad está dada por la carga negativa de los iones de carbonato y bicarbonato disueltos en el agua marina, expresada en concentraciones molares. La concentración de los iones de carbonato decrecen con la profundidad y por lo general el agua de grandes profundidades es más ácida que el que el agua superficial. El agua oceánica puede ser ligeramente alcalina, el valor de pH generalmente fluctúa entre los 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura, la salinidad, la presión y la profundidad. Cuando aumenta la profundidad el pH puede disminuir y presentar mayor acidez (Cifuentes, *et al.*, 2015).

En el Área Contractual 1 el potencial Hidrógeno (pH) varió entre los 7.98 y 8.65 unidades de pH lo que implica una variación de 0.67 de punto en todo el área de estudio (ver Gráfica 6.9). Tales valores caen dentro del promedio mundial para el parámetro pH que se encuentra entre 7.5 y 8.4.



Gráfica 6.9 Comportamiento del pH en el Área Contractual 1

De esta valoración se desprende que esa variable se encuentra dentro de los parámetros normales para el desarrollo de la dinámica marina y de la biota presente en el área de estudio.

C. Resultados y análisis de Oxígeno Disuelto (OD)

En aguas oceánicas superficiales bien mezcladas, la composición típica de gases disueltos incluye un 64% de nitrógeno (N_2), 34% de oxígeno (O_2) y 1.8% de dióxido de carbono (CO_2), este último está muy por encima del 0.04% que se encuentra en el aire libre.

Por otra parte la materia orgánica que se encuentra en el sedimento y que en muchos casos da origen a la turbidez como tal, proporciona una fuente alimenticia que permite sobrevivir a las bacterias por largos periodos, e incluso en algunos casos favorece su multiplicación (Marino & Gannon, 1991). Los cuerpos de agua tienen cierta capacidad de autodepuración que se atribuye a una combinación de factores fisicoquímicos y biológicos, entre los primeros se encuentra la reducción de la materia orgánica mediante la oxidación y la mineralización de contaminantes orgánicos, y entre los segundos la biodegradación llevada cabo por bacterias y hongos; la autodepuración es mayor donde el agua tiene un movimiento energético, con un intercambio de oxígeno activo entre el agua y la atmósfera, que favorece la descomposición de la materia orgánica (Rheinheimer, 1992).

Estas condiciones existen en los ríos, arroyos y en las aguas costeras con pronunciados movimientos de mareas o fuertes corrientes inducidas por el viento, como es el caso para los campos estudiados; cabe mencionar también que la autodepuración es más lenta en el mar que en las aguas continentales ya que

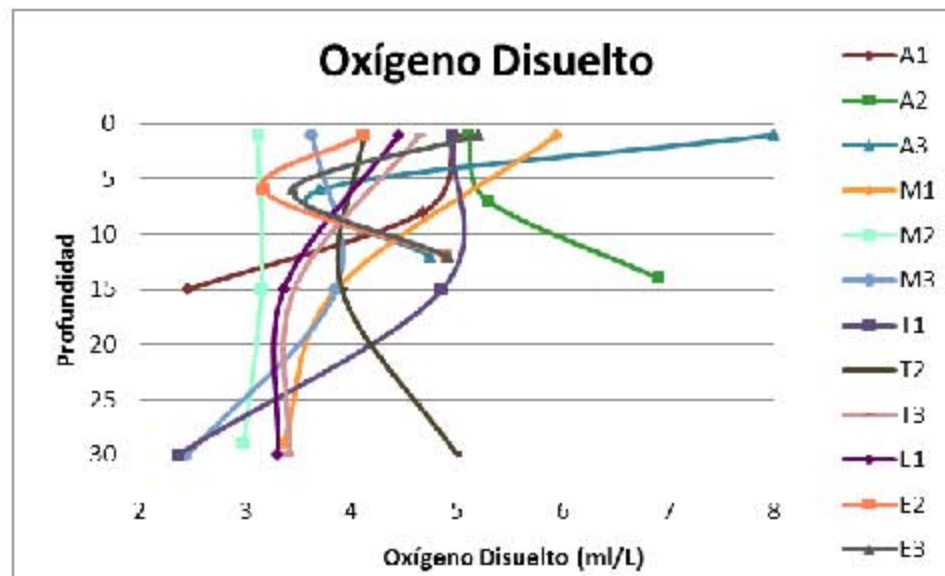


los microorganismos no pueden degradar rápidamente la materia orgánica aún bajo las condiciones marinas más favorables (Rheinheimer, 1992).

En la capa superficial el oxígeno (O_2) se encuentra en concentraciones supersaturadas; la profundidad de compensación en la base de la zona fótica se define como la zona donde en la que el porcentaje de oxígeno usado para las funciones respiratorias es igual al porcentaje de oxígeno liberado por la fotosíntesis. Por debajo de la zona fótica, la respiración utiliza todo el oxígeno disponible y se desarrolla una zona de oxígeno mínimo a una profundidad de unos cuantos cientos de metros.

Las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) a lo largo del Área Contractual 1 (ver Gráfica 6.10) fluctuaron entre 4.12 a 8.00 en la zona superficial, entre 2.46 a 6.91 ml/L en un rango de profundidad entre 6 a 15 metros para la zona media de la columna de agua, y entre 2.36 y 5.00 ml/L a un rango de profundidad entre 29 y 30 metros de profundidad.

Las concentraciones más altas se encontraron en la capa superficial de agua y tendieron a disminuir conforme aumentó la profundidad hacia el fondo marino, lo cual es consistente con los procesos de mezcla derivada de la acción de los vientos predominantes en la zona del Golfo de México, así como con los procesos asociados a los fondos marinos. Las concentraciones de OD reportados por el laboratorio analítico están en un rango de 7.44 ml/L a 8.78 ml/L, y son claramente mayores a las concentraciones detectadas en campo, esto se asocia a la oxigenación que sufrieron las muestras en el traslado al laboratorio.



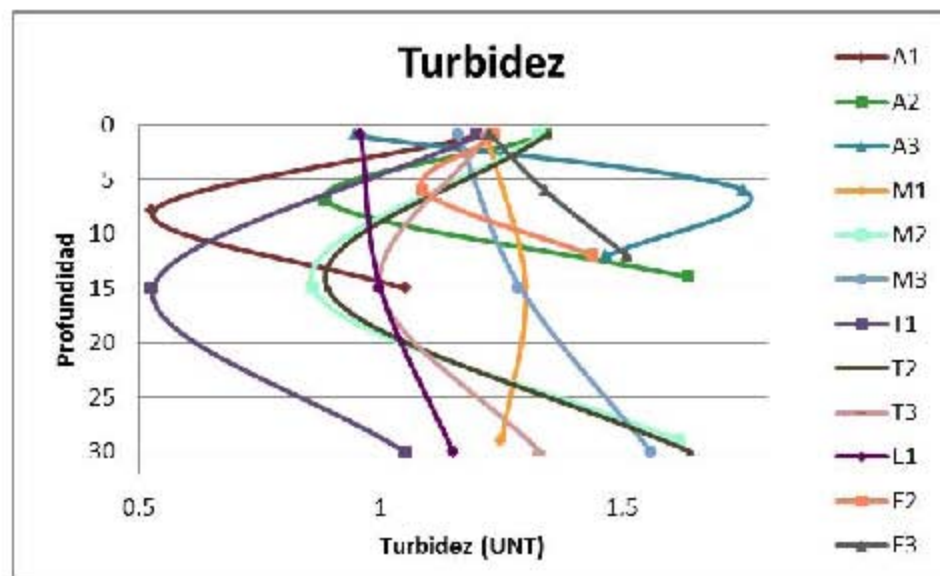
Gráfica 6.10 Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 1



D. Resultados y análisis de Turbidez

En cuanto a la turbidez, este parámetro constituye un indicador general de la calidad del agua aunque no ofrece resultados sobre un contaminante específico, y puede haber diferentes factores, de origen natural o antrópico, que inciden en los incrementos de la turbidez en las aguas marinas costeras y que son de importancia para el Área Contractual 1, ya que se encuentra cercana a la costa. La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.

En el Área Contractual 1, los valores de turbidez (ver Gráfica 6.11) tiene un comportamiento similar en todas las muestras, siendo que la turbidez baja en las profundidades medias de la columna total de agua y después aumenta en la profundidad máxima. En las muestras superficiales se encontró una variación entre 0.95 a 1.34 UNT, para las muestras en la parte media de la columna se encontró una fluctuación entre 0.86 y 1.75 UNT y para las muestras que se tomaron en la zona más profunda de la columna de agua se tuvo un rango entre 1.05 y 1.64 UNT.



Gráfica 6.11 Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 1

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 1 se encuentran dentro de este rango.

A pesar de que el Área Contractual 1 se encuentra cerca de la costa, no se aprecian valores de turbidez tan altos que puedan ser asociados con vertidos provenientes de la costa de manera antropogénica.



A continuación se presentan las gráficas Oxígeno Disuelto-turbidez de las estaciones de muestreo que se localizan dentro de los tres campos: Amoca-1, Miztón-1 y Tecoailli-1 (ver Gráfica 6.12, Gráfica 6.13 y Gráfica 6.14) y del Campo Externo.

Campo Amoca-1

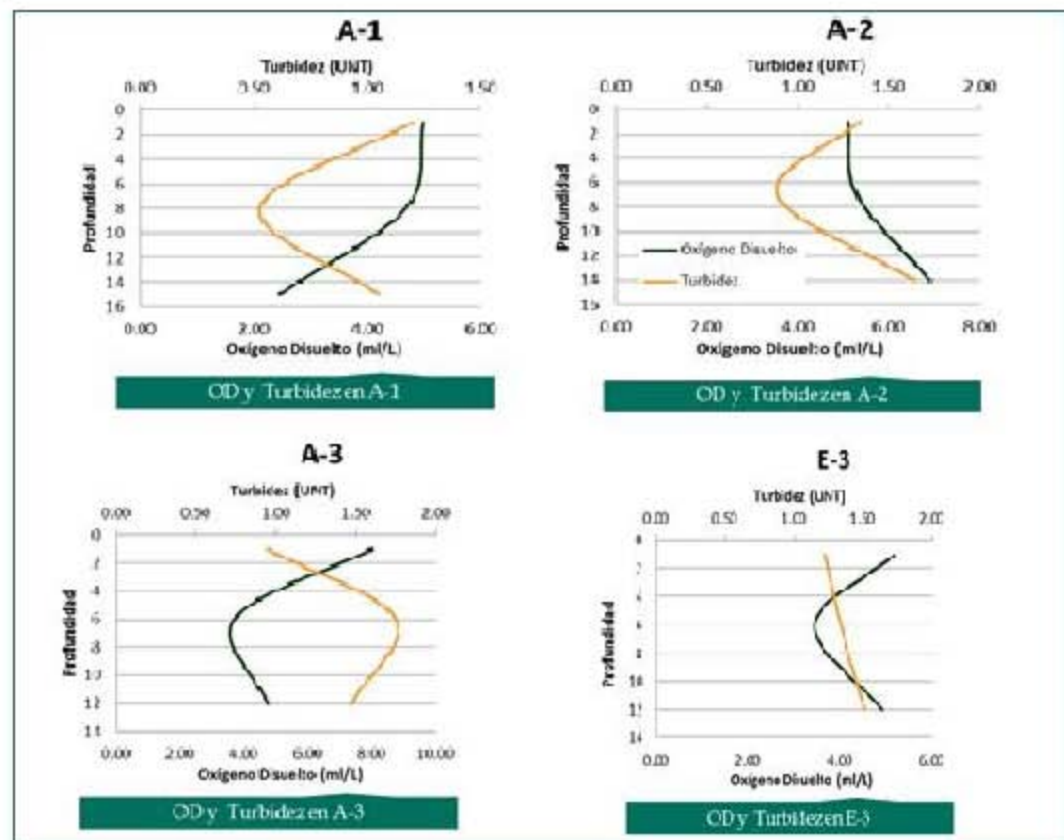
En los puntos A1 y A2 se puede evidenciar un aumento en los niveles de oxígeno disuelto hacia la zona de la superficie como se esperaría, siendo que la superficie está afectada por los procesos de mezcla turbulenta; por otra parte, la turbidez disminuye hacia la mitad de la columna vertical y se incrementa en los extremos, el fondo y la superficie. En la superficie se explica el aumento de turbidez y de oxígeno disuelto con base en los flujos turbulentos que ahí ocurren, mientras que en el fondo hay un aumento de turbidez dado que hay un incremento en la cantidad de la materia orgánica suspendida presente en la zona costera (Gráfica 6.12).

Con base en el análisis comparativo de los datos encontrados para los tres diferentes puntos del Campo Amoca-1, se puede determinar un gradiente de turbidez donde se puede notar mayor turbidez de los puntos A3, A2 y A1 mismos que se encuentran ubicados de la costa hacia mar adentro respectivamente; encontrando una clara relación inversamente proporcional, entre el aumento de turbidez y la disminución del volumen de oxígeno disuelto y viceversa.

Se presentan mayores niveles de turbidez en el punto A3 y menor cantidad de oxígeno disuelto, lo cual se explica por su cercanía a la costa y los aportes de material orgánico suspendido por la boca "Santa Ana" de la laguna costera "Laguna del Carmen", mientras que se detecta una turbidez más baja, y con distribución hacia el fondo de la columna vertical en los puntos A2 y A3 que se encuentran más alejados de la costa.

La gráfica del punto E3 muestra dos estratos de equilibrio a una profundidad de 4 m y a la profundidad de 10 m, así mismo se muestra una mayor presencia de materia orgánica y un alto consumo del oxígeno disuelto en la columna vertical muy acotado a las profundidades entre los 4 m y los 10 m; además se nota la presencia de los procesos de mezcla turbulenta en la zona superficial donde el oxígeno disuelto se ve incrementado.

El comportamiento encontrado en la relación que se da entre la turbidez y el oxígeno disuelto en la columna de agua del campo Amoca-1, no presenta anomalías ni comportamientos diferentes a los reportados en la bibliografía, para esta zona particular del Golfo de México.



Gráfica 6.12 Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Amoca

Campo Miztón-1

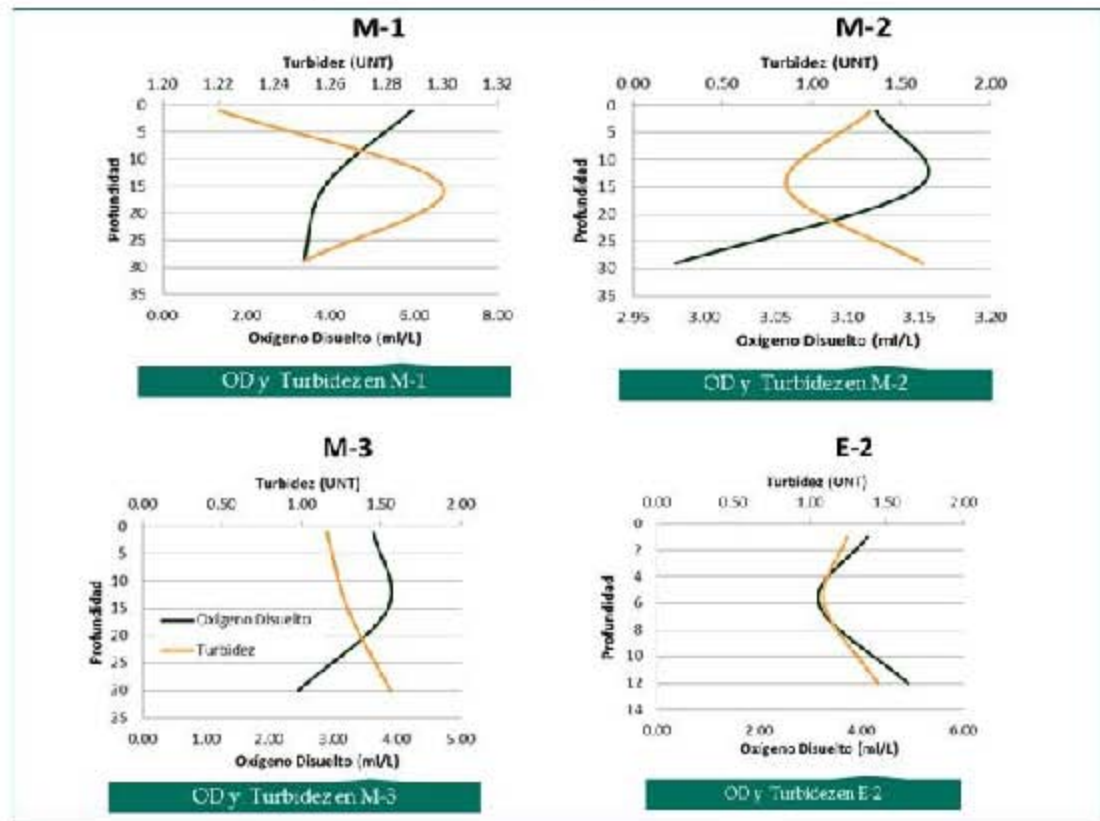
En el campo Miztón se puede encontrar un comportamiento consistente en el cual se presenta una alta turbidez con bajas concentraciones de oxígeno, esto es ocasionado por la materia orgánica suspendida que se encuentra llevando a cabo la respiración lo cual agota la cantidad de oxígeno disuelto y, por tanto, se da una relación inversamente proporcional en la que a mayor presencia de materia orgánica (mayor turbidez) se presenta una disminución del oxígeno (ver Gráfica 6.13).

En el Campo Miztón se puede notar un gradiente de turbidez, donde en el punto M1 se puede ver mayores UNT, así como una distribución de la misma hacia la zona baja de la columna media; por otro lado, en el punto M2 se puede notar un mayor contenido de oxígeno en disolución en la columna y finalmente en el punto M3 se puede notar la perfecta relación inversamente proporcional entre la presencia de materia orgánica y el contenido de oxígeno disuelto, encontrándose el punto de equilibrio hacia los 20 metros, por debajo de la mitad de la columna vertical.



La gráfica del punto E2 presenta también dos estaciones de equilibrio a profundidades de 4 y 8 metros, sin embargo, se puede notar un comportamiento casi paralelo entre la turbidez y el oxígeno disuelto, encontrándose mayores cantidades de oxígeno disuelto que de materia orgánica suspendida salvo por la profundidad encontrada entre los 4 y 8 metros donde ocurre un descenso del oxígeno disuelto.

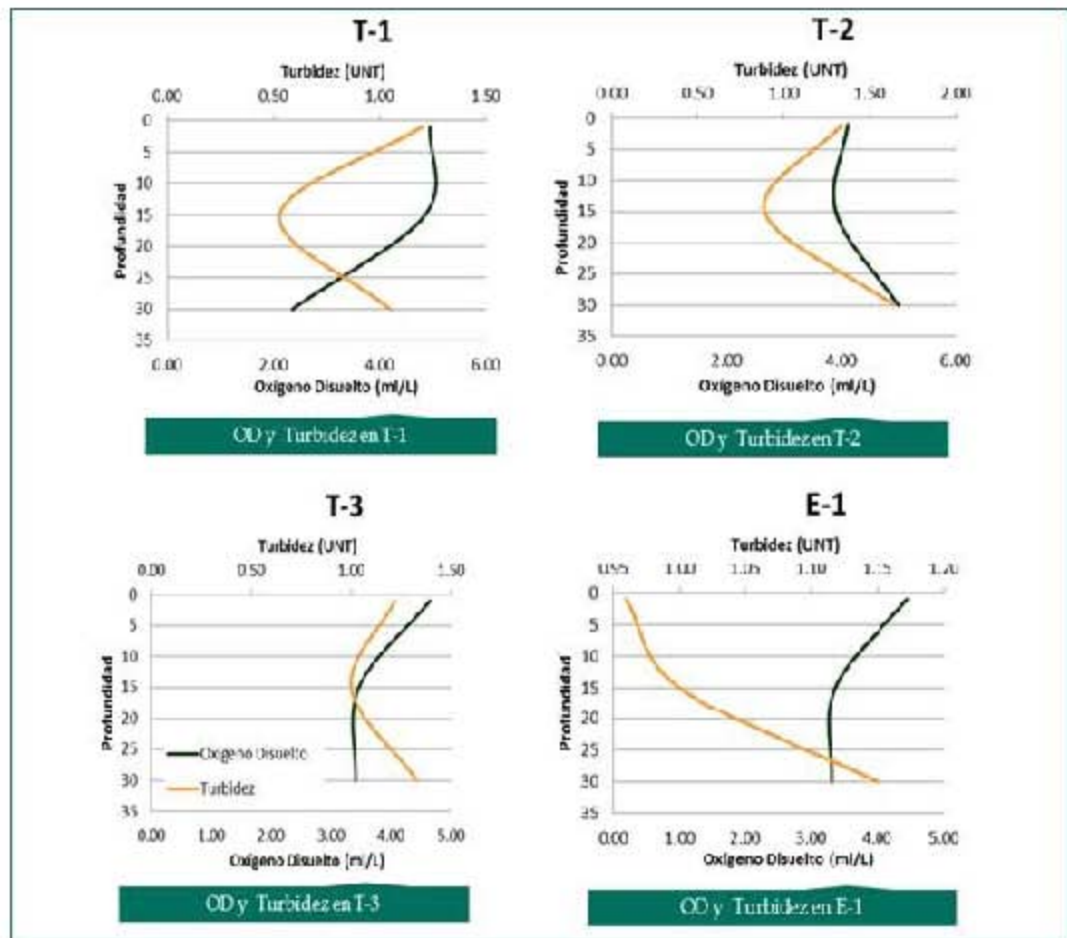
De manera similar al Campo Amoca, en el campo Miztón-1 el comportamiento encontrado en la relación que se da entre la turbidez y el oxígeno disuelto en la columna de agua, no presenta anomalías ni comportamientos diferentes a los reportados en la bibliografía, para esta zona particular del Golfo de México.



Gráfica 6.13 Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Miztón

Campo Teoalli-1

Los puntos muestreados en el Campo Teoalli-1 reflejan una relación inversamente proporcional entre la presencia de oxígeno disuelto y la turbidez detectada, encontrándose que a mayor presencia de oxígeno menor turbidez y a mayor turbidez se da un descenso en el contenido de oxígeno disuelto; esto se debe a que a mayor presencia de contenido orgánico en la columna de agua, mayores procesos de reducción de nutrientes ocurren y mayor presencia de microorganismos (ver Gráfica 6.14).



Gráfica 6.14 Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Tecocalli

Para los puntos muestreados en el Campo Tecocalli-1 se puede notar en todos los casos una mayor presencia de oxígeno disuelto en la columna de agua en comparación con la turbidez encontrada para cada punto. En el punto T1 se puede ver una presencia de oxígeno mayor que la de turbidez con un punto de equilibrio hacia los 25 m de profundidad y una turbidez desplazada hacia la zona inferior de la columna vertical.

Para el punto T2 se puede notar que no se alcanza un punto de equilibrio en la columna vertical, en todo momento se encuentra siempre y proporcionalmente una cantidad mayor de oxígeno disuelto que de turbidez debida a materia orgánica suspendida.

El punto T3 presenta la típica relación inversamente proporcional entre la presencia de material orgánico y la presencia de oxígeno disuelto, encontrando el punto de equilibrio alrededor de los 18 m de profundidad por debajo de la mitad de la profundidad encontrada para este punto.



La gráfica para el punto E1 presenta una mayor presencia de oxígeno disuelto a lo largo de la columna vertical, incrementándose paulatinamente la turbidez hacia el fondo de la columna y se presenta un punto de equilibrio entre la turbidez y el oxígeno disuelto a los 27 m de profundidad aproximadamente.

El comportamiento encontrado en la relación entre la turbidez y el oxígeno disuelto en la columna de agua del campo Tecoalli-1, no presenta anomalías ni comportamientos diferentes a los reportados en la bibliografía, para esta zona particular del Golfo de México.

6.2.6.2

Resultados analíticos

Los resultados analíticos de las muestras de agua de mar fueron comparados con varios criterios internacionales para aquellos parámetros donde no existen criterios o límites de comparación en la normatividad Mexicana.

En general se utilizaron tres fuentes de criterios de comparación: los criterios 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).

En 1976, la UNESCO estableció un criterio de comparación para hidrocarburos disueltos en agua marina costera, con el cual se compararon los resultados de laboratorio de HTP. 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 utilizó la metodología EPA 6010C-2007 y se acopló un nebulizador ultrasónico al ICP (equipo de espectroscopia de plasma de acoplamiento inductivo), con lo



cual se pudieron cuantificar concentraciones muy bajas de metales y evaluar las condiciones de agua de mar para estos parámetros.

Dentro de cada uno de los apartados se expresa el resultado obtenido durante la campaña oceanográfica realizada en el Área Contractual 1 del 5 al 7 de abril de 2016 y la discusión bibliográfica adecuada a cada punto con la finalidad de contextualizar cada uno de los resultados. En los *Apéndice 6.2 al Apéndice 6.8* se detallan los resultados por cada parámetro.

Clorofila 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 m es de 0.04 mg/m³; de 42 a 81 m es de 0.10 mg/m³ y a partir de 82 m de profundidad, esta cambia a 0.31 mg/m³. Este parámetro se considera como un indicador grueso de la biomasa fitoplanctónica (Cowles *et al.*, 1993; Lambert *et al.*, 1999).

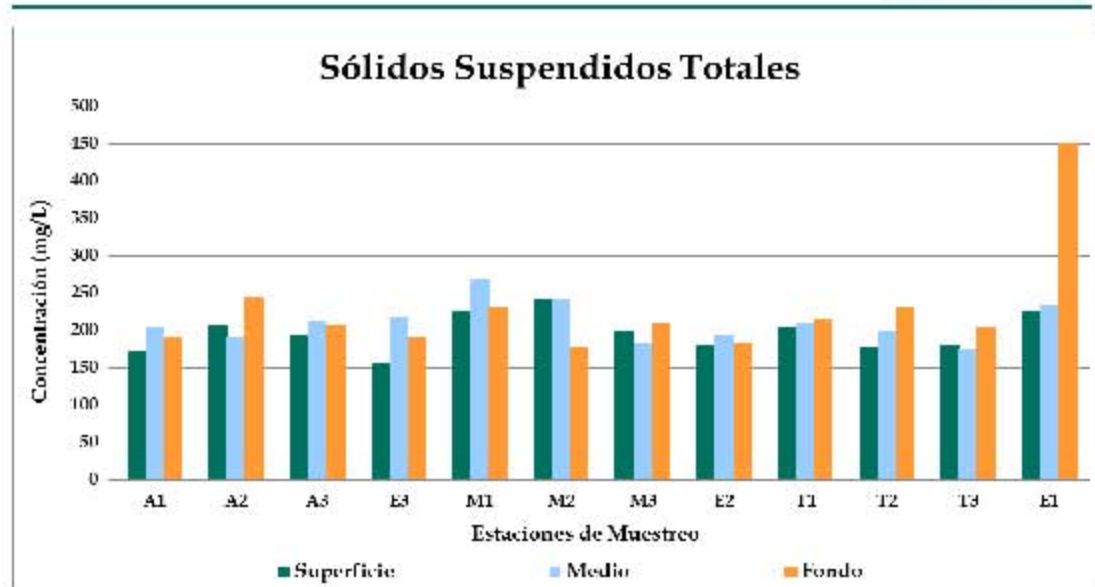
Los resultados de laboratorio muestran que se detectó clorofila a en 19 muestras. En la capa superficial se detectaron concentraciones de 0.520 a 2.902 mg/L, entre la capa de media agua (6 a 15 m) se detectaron concentraciones entre 0.620 y 1.296 mg/L, finalmente en la capa profunda (29 a 30 m) se detectaron concentraciones entre 0.593 y 2.114 mg/L. Como se observa con los resultados, la clorofila a varía espacialmente y en general sus concentraciones son bajas en el Golfo de México (De la Lanza *et al.*, 1988), sin embargo, el Área contractual 1 es somera y se pueden presentar concentraciones de clorofila en toda la columna de agua. En el *Apéndice 6.2* se presentan los resultados analíticos de clorofila a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 1.

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 1, se detectaron SST en todas las muestras en un rango de 154 mg/L a 450 mg/L (ver Gráfica 6.15). La turbidez de las muestras presentó un comportamiento parecido al de los SST, estos parámetros se pueden relacionar entre sí y con el aporte costero de vertidos (a través de ríos y lagunas costeras) o directo en el mar, por la cercanía del Área Contractual 1 a la costa de Tabasco. La muestra que presentó la concentración más alta fue la E1-F = 450 mg/L.

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 1.



Gráfica 6.15 Concentración de Sólidos Suspendedos Totales en agua marina

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno requerida por un agente oxidante para oxidar la materia orgánica en un cuerpo de agua. Por otro lado, la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición microbiológica (oxidación) de la materia orgánica en el agua (INEGI, 2000).

En el Área Contractual 1 se detectaron concentraciones de DQO en 11 muestras, en un rango de 608.65 a 872.36 mg/L; por otro lado, se detectó DBO únicamente en la muestra E2-S, con una concentraciones de 1.10 mg/L. Ambos parámetros son indicadores de la calidad del agua de mar costera y generalmente se asocian al vertido de aguas residuales y descargas domésticas en esta zona a través del escurrimiento hacia el mar por la laguna costera Carmen-Pajonal-Machona.

En el *Apéndice 6.3* se presentan los resultados analíticos de DBO y DQO a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 1.

Coliformes fecales y totales

Los coliformes totales y fecales son comúnmente usados como indicadores de la calidad del agua de un área en particular. Los aportes de microorganismos diferentes a los de la comunidad normal, como la adición de bacterias fecales, pueden tener una influencia importante en los ecosistemas acuáticos, incluyendo la afectación a la comunidad béntica (Galindo, 1988).



Se considera que niveles bajos de coliformes fecales indican ausencia de organismos patógenos y, por el contrario, su presencia en altas concentraciones en el medio marino es evidencia de contaminación de origen fecal.

En el Área Contractual 1 se detectaron coliformes totales en 24 muestras en un rango de 2.00 a 920.00 NMP/100ml y se detectaron coliformes fecales en 12 muestras en un rango de 2.00 a 70.00 NMP/100ml.

En la legislación mexicana se contempla un parámetro de calidad del agua para protección a la vida acuática (aguas costeras y estuarios), el cual considera un límite de 240 NMP/100 ml (CONAGUA, 2015). Considerando este criterio, las muestras de agua en el Área Contractual 1 están muy por debajo del límite del parámetro coliformes fecales.

En el *Apéndice 6.3* se presentan los resultados analíticos de Coliformes Fecales Totales para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 1.

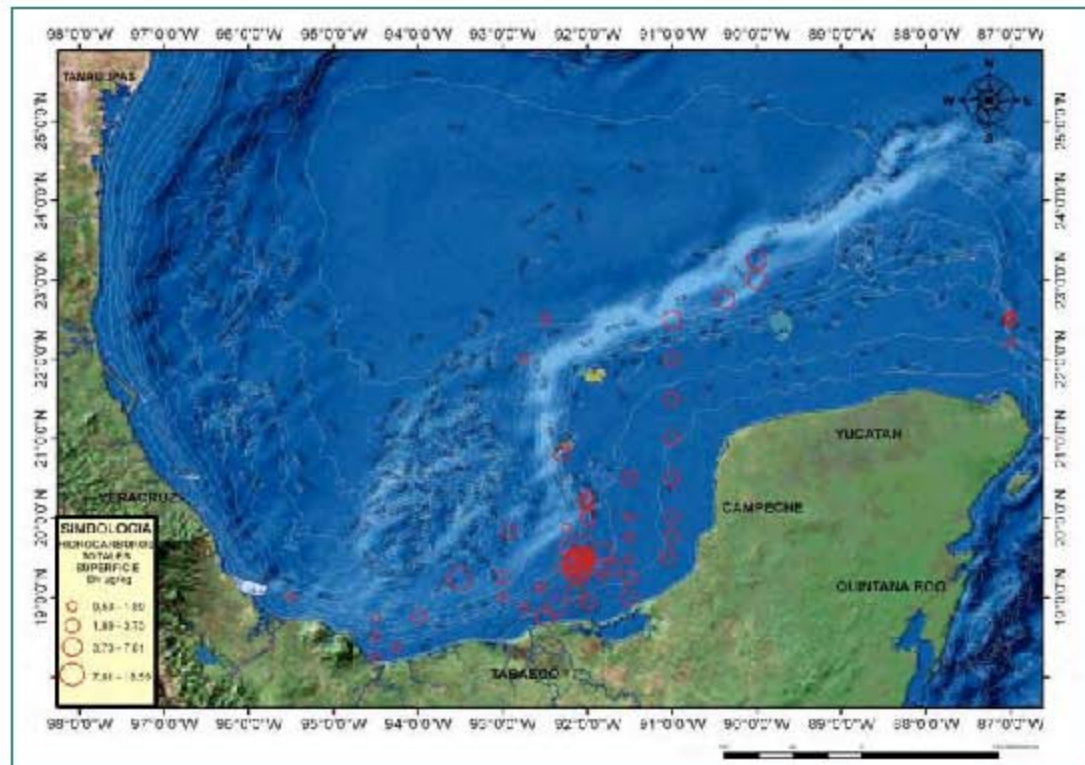
Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

En el Golfo de México se han investigado los HTP con anterioridad, estudios de PEP-UNAM durante el 2005 a 2008 señalan que unos kilómetros mar adentro, frente a la laguna Carmen-Machona, el agua superficial presenta concentraciones de hidrocarburos totales menores a 0.00189 mg/kg (ver Figura 6.27).

Sin embargo, en el Área Contractual 1, se detectó únicamente HTP-Fracción Pesada (FP) en la muestra superficial M3-S en una concentración de 6.50 mg/L, la cual excede el límite establecido por UNESCO que es 0.01 mg/L.

En el resto de las muestras no se detectaron concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio.

En el *Apéndice 6.4* se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 1.



Fuente: PEP-UNAM, 2005-2008

Figura 6.27 Concentración de HTP en el Área Contractual 1.

Hidrocarburos aromáticos poli cíclicos 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 0.300mg/L.

En el Área Contractual 1 no se detectaron HAP en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio.

En *Apéndice 6.5* se presentan los resultados analíticos de HAP para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 1.

Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX)

Los hidrocarburos monoaromáticos, también denominados BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) son contaminantes derivados del petróleo y 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 1 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 1.

Nutrientes

Se evaluaron cuatro nutrientes en el agua de mar del Área Contractual 1 con el fin de conocer las características nutrimentales del mismo ya que estos son indispensables para dar inicio a las cadenas tróficas en el océano. Los nutrientes evaluados son los siguientes:

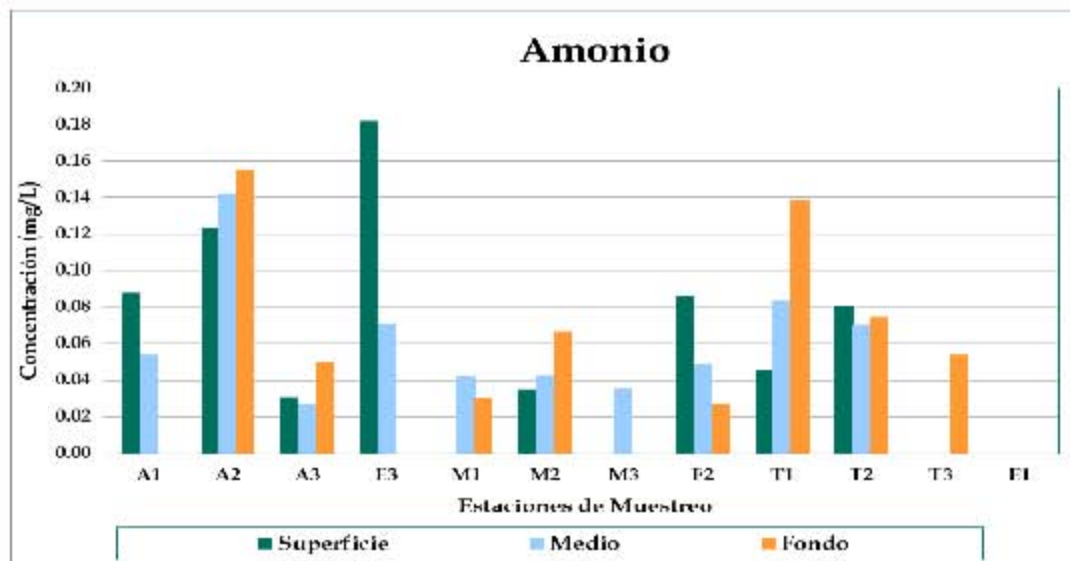
- *Amonio (NH_4)*
- *Nitritos (NO_2)*
- *Nitratos (NO_3)*
- *Fosfatos (PO_4)*
- *Silicatos-Sílice (Si)*

De acuerdo con la bibliografía, 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). Las principales consecuencias del exceso de aporte de nutrientes en el mar repercuten sobre la comunidad de fitoplancton y 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 1.

Amonio (NH_4)

El amonio es una base que se encuentra en el 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 1 se detectaron concentraciones de amonio en 29 muestras, en un rango de 0.027 a 0.155 mg/L (ver Gráfica 6.16), en el resto de las muestras no se detectaron concentraciones por arriba del límite de cuantificación de laboratorio.



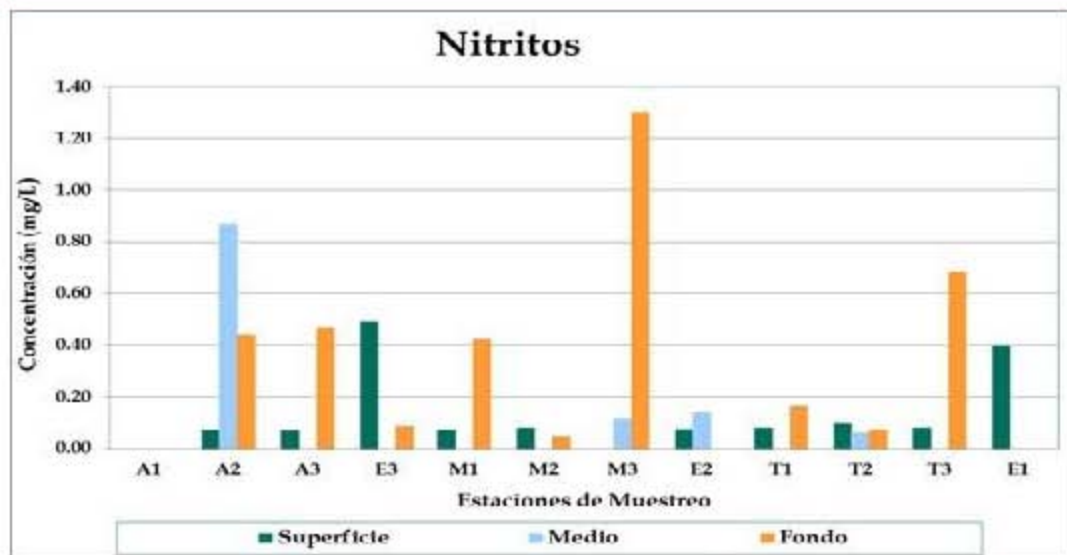
Gráfica 6.16 Concentración de amonio en agua de mar

Nitritos (NO_2) y Nitratos (NO_3)

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 (ver Gráfica 6.17).

La reserva principal en el agua del mar está constituida por los nitratos y en menor cantidad por el amoniaco y los nitritos (Lemus, año). Los nitritos y nitratos son nutrientes no conservativos y su concentración en el mar depende de la asimilación fitoplanctónica y su temporalidad.

En el Área Contractual 1 no se detectaron nitritos en ninguna de las muestras analizadas. Por otro lado, los nitratos sí fueron detectados únicamente en 26 de 39 muestras en un rango de 0.046 a 1.302 mg/L (ver Gráfica 6.17) estos valores están muy por debajo del criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (nitratos = 200.00 mg/L), es decir, su concentración en el agua de mar no ocasionará efectos sobre la vida acuática aunque esta esté expuesta al compuesto por largo plazo.



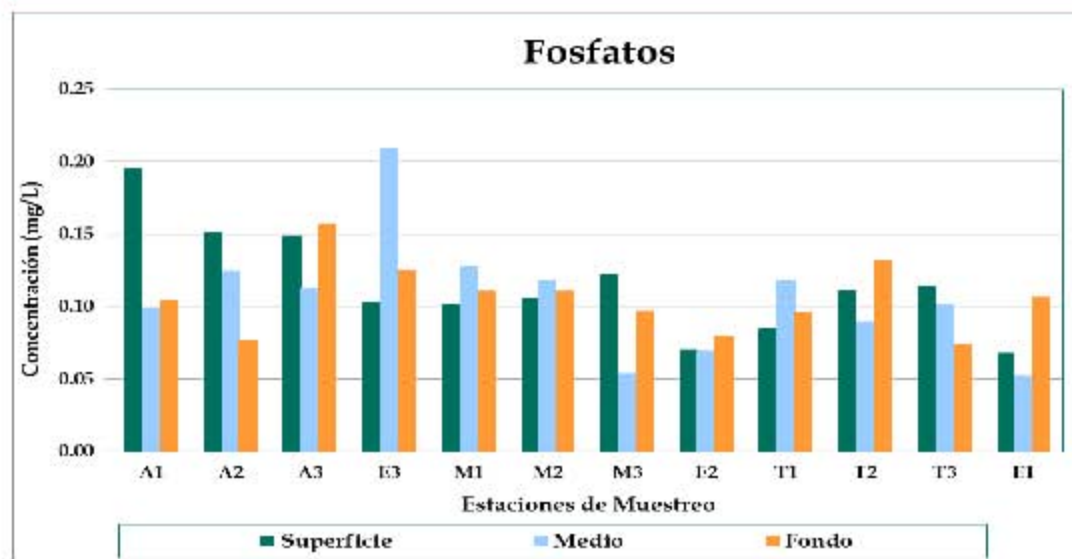
Gráfica 6.17 Concentración de nitritos en agua de mar

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 (Lernus, 1986).

Generalmente el agua marina presenta una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. En el Área Contractual 1 todas las muestras presentaron concentraciones de fosfatos en un rango de 0.054 a 0.209 mg/L (ver Gráfica 6.18), En general, toda la columna de agua mostró concentraciones de fosfatos similares, sin embargo, las concentraciones más altas fueron detectadas en A1-S = 0.195 mg/L y en E3-M = 0.209 mg/L.

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 1.

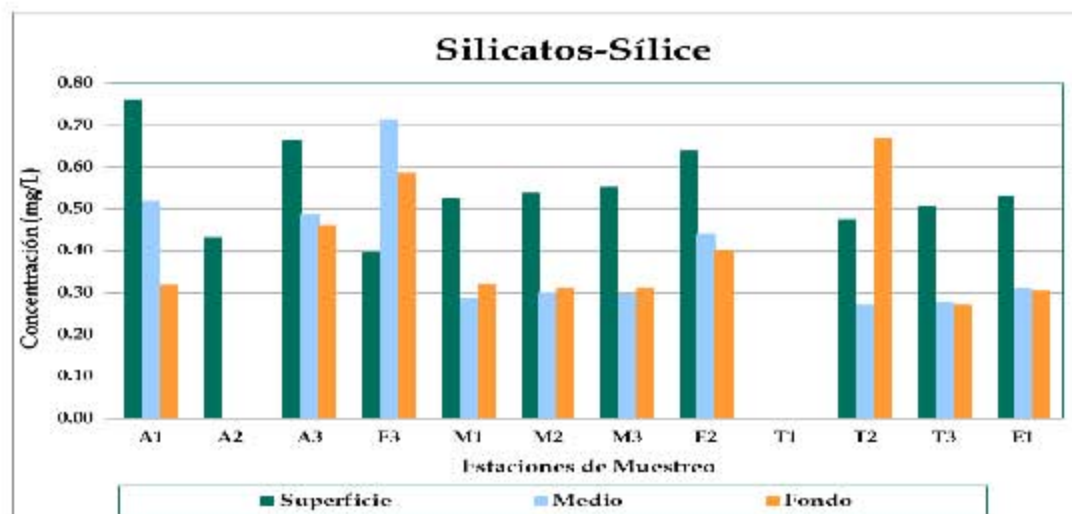


Gráfica 6.18 Concentración de fosfatos en agua de mar

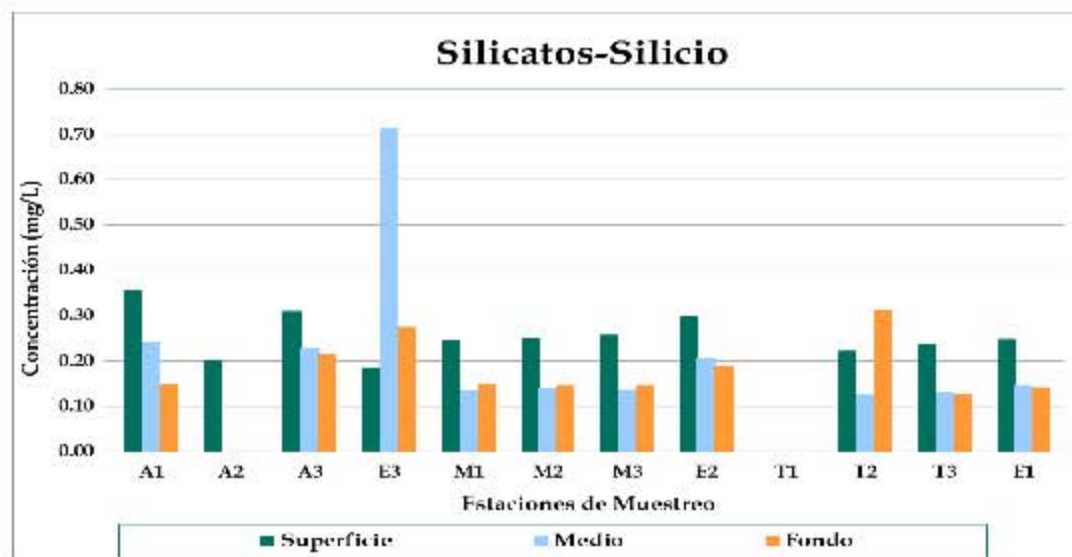
Silicatos (Sílice)

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 1 se detectaron concentraciones de sílice en 36 muestras, en un rango de 0.270 a 0.761 mg/L (ver Gráfica 6.19). Así mismo, las mismas muestras presentaron concentraciones de silicio en un rango de 0.126 mg/L a 0.714 mg/L (ver Gráfica 6.20).



Gráfica 6.19 Concentración de Sílice en agua de mar



Gráfica 6.20 Concentración de silicio en agua de mar

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 efectos de este estudio se determinó la concentración de los siguientes 12 elementos metálicos:

- 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)

En el *Apéndice 6.8* se presentan los resultados analíticos de concentración de metales para cada muestra de agua de mar colectada en el Área Contractual 1.



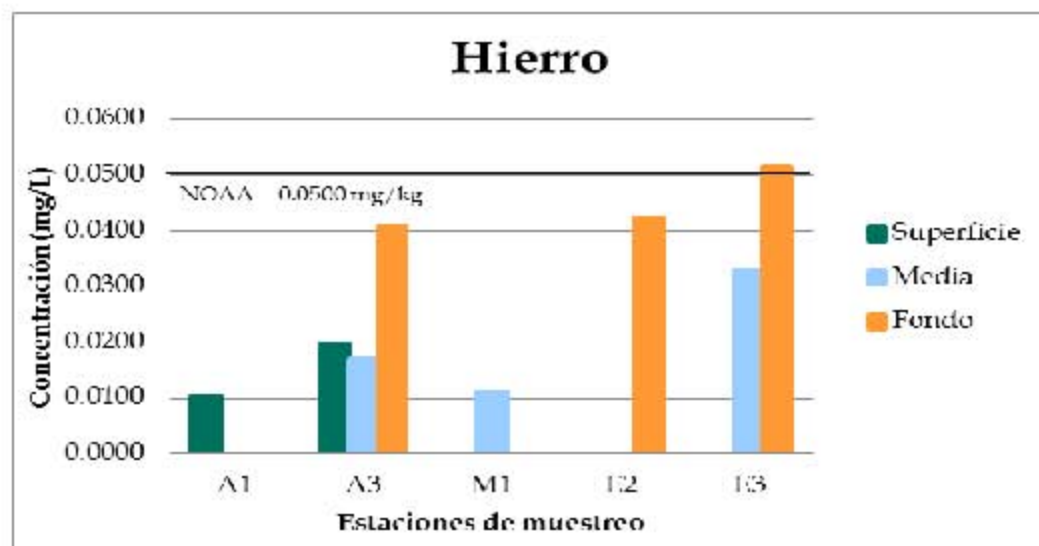
De acuerdo con la bibliografía, la distribución y comportamiento de los metales en agua marina se ven afectados por varios procesos como son: la mezcla de masas de agua, la interacción agua-partícula, el mecanismo de adsorción-desorción y la difusión de la parte baja de los sedimentos (Medina, 2006). En las siguientes secciones se presenta el comportamiento de los metales en el Área Contractual 1.

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.

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.

En el Área Contractual 1 se detectó Hierro en 8 muestras, con concentraciones en un rango de 0.104 a 0.0424 mg/L, tales se encuentran por debajo de los límites de comparación internacionales. Sin embargo, únicamente la muestra E3-F presentó una concentración de 0.0514 mg/L (12 m de profundidad) que excede el criterio de exposición crónica establecido por la NOAA (Hierro = 0.0500 mg/L), lo cual implica que se podrán observar efectos adversos en la vida acuática a largo plazo y siempre que haya una concentración constante de Hierro en el medio marino (ver Gráfica 6.21)



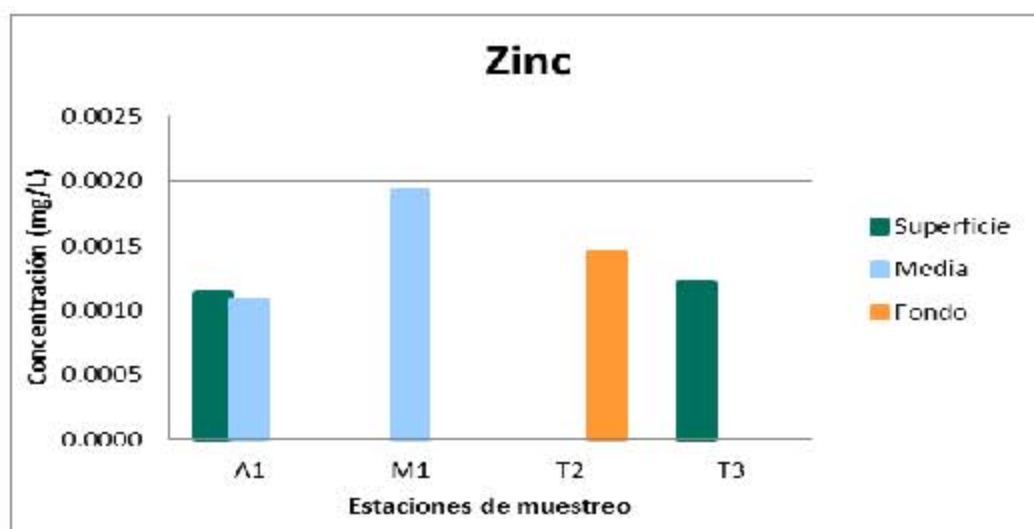
Gráfica 6.21 Concentración de Hierro en agua de mar



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 NaHCO_3 a 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).

La UNAM ha reportado valores mínimos de 0.000022 mg/L y máximos de 0.0064 mg/L de Zinc en la Sonda de Campeche. En el Área Contractual 1 se detectó Zinc en 5 muestras en un rango de 0.0011 a 0.0019 mg/L, estas concentraciones están por debajo de los criterios de comparación internacionales (Zinc = 0.0810 mg/L) (ver Gráfica 6.22).



Gráfica 6.22 Concentración de Zinc en agua de mar

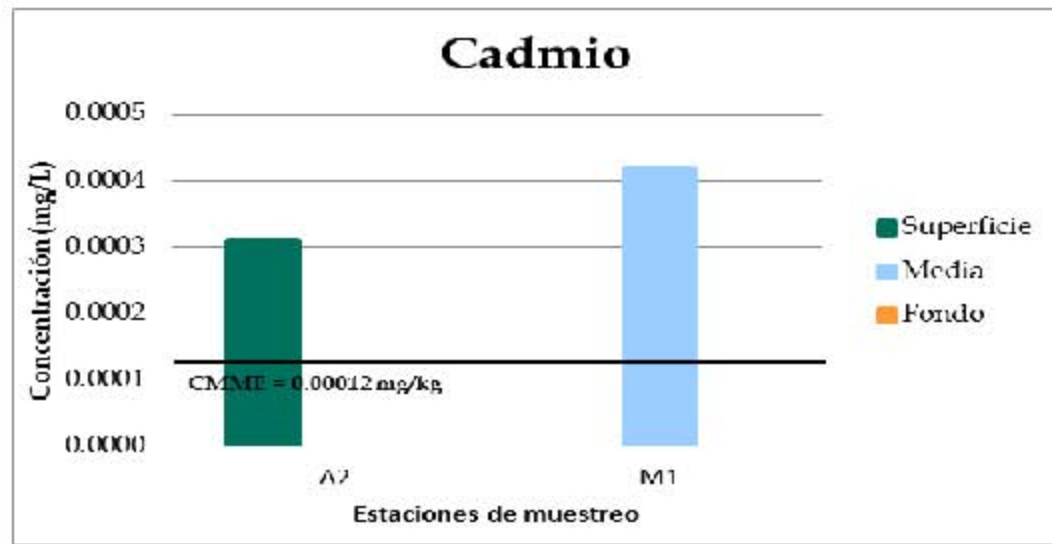
Cadmio (Cd)

El Cadmio es un oligoelemento que se encuentra en concentraciones variables y muy pequeñas en el agua de mar, sin embargo, las altas concentraciones de este metal se atribuyen a contaminación probablemente proveniente de las actividades industriales aledañas a la costa del Golfo de México.

En la Campaña Oceanográfica de la UNAM del 2003 se registraron concentraciones de Cadmio en un rango de 0.000001 mg/L a 0.000366 mg/L en áreas aledañas al área de estudio.



En el Área Contractual 1 se detectó Cadmio únicamente en dos muestras M1-M en un concentración de 0.0004mg/L y A2-S en una concentración de 0.0003 mg/L (ver Gráfica 6.23), las cuales exceden el criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (Cadmio = 0.00012 mg/L), es decir, su concentración en el agua de mar podrá ocasionar efectos adversos sobre la vida acuática cuando esté expuesta al compuesto por largo plazo. En el resto de las muestras no se detectaron concentraciones de Cadmio por arriba del límite de cuantificación del laboratorio.



Gráfica 6.23 Concentración de Cadmio en agua de mar

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. Por otro lado en el Área Contractual 1 no se detectaron concentraciones de Plomo por encima del límite de cuantificación del laboratorio.

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, 1986).

En el Área Contractual 1 no se detectaron concentraciones de Cobre por encima del límite de cuantificación del laboratorio. 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 0.000615 mg/L y un

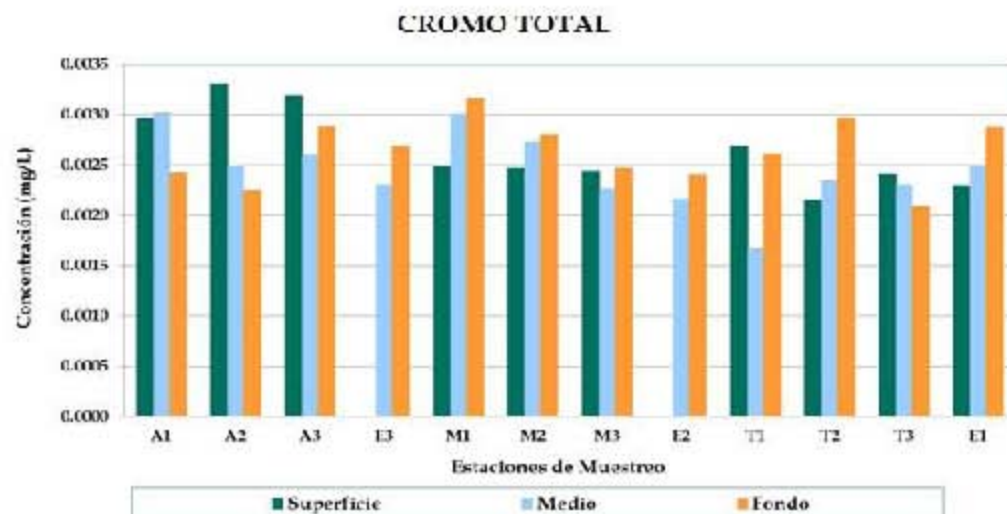


mínimo de 0.000009 mg/L, por lo cual podrían existir concentraciones traza de este metal en el agua del Área Contractual 1.

Cromo Total (Cr)

El Cromo está relacionado con las actividades de perforación de pozos por la cromita que se usaba anteriormente para este fin y que fue posiblemente usado en la perforación de los pozos existente en el Área Contractual 1. Adicionalmente, Rosas, *et al.* (1983) reportó concentraciones promedio de Cromo con un valor de 0.014 mg/L en el área circundante al Área Contractual 1.

En el Área Contractual 1 se detectaron concentraciones de cromo total en 37 muestras, en un rango de 0.0017 a 0.0033 mg/L (ver Gráfica 6.24). No se han establecido criterios de comparación para este metal.



Gráfica 6.24 Concentración de Cromo Total en agua de mar

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 1 no se detectaron concentraciones de Mercurio por arriba del límite de cuantificación del laboratorio. Sin embargo, Rosas (1983) ha reportado concentraciones de 0.0075 mg/L en la Sonda de Campeche.

Níquel (Ni)

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

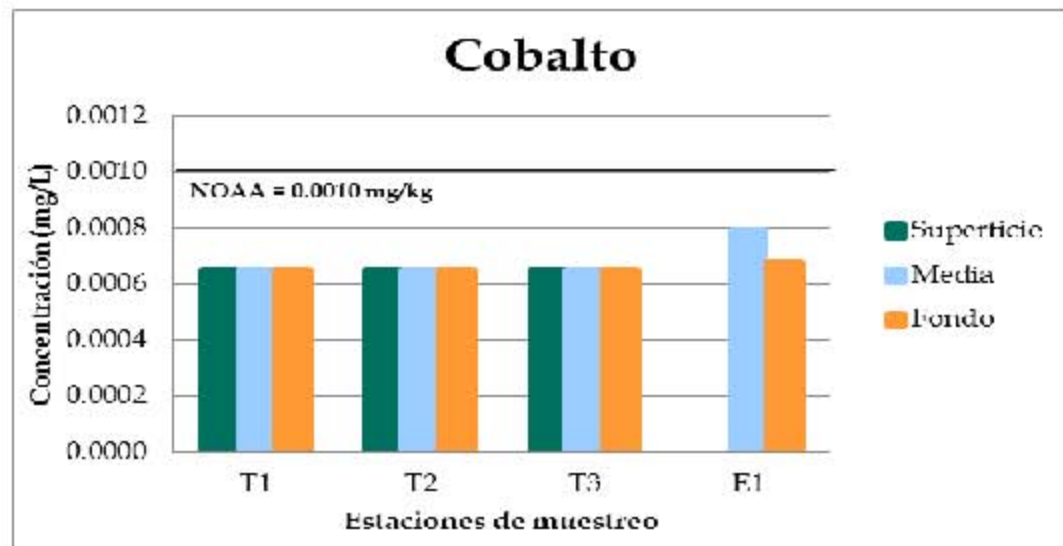


En la Campaña Oceanográfica SGM-8 de la UNAM se detectó Níquel en una concentración mínima de 0.00025 mg/L y máxima de 0.0028 mg/L en áreas aledañas al Área Contractual 1, sin embargo, específicamente en el área de interés este metal no se detectó en concentraciones por encima del límite de cuantificación del laboratorio, aun así, el agua de mar podría tener concentraciones traza de este metal debido a que su presencia se asocia con las actividades petroleras porque se encuentra en los aceites crudos.

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 1 se detectó Cobalto en 12 muestras, en un rango de 0.0007 a 0.0008 mg/L, estas concentraciones están por debajo de los límites máximos permisibles de la NOAA (Cobalto = 0.0010 mg/L) (ver Gráfica 6.25). Así mismo, la UNAM ha reportado que en la Sonda de Campeche se han detectado concentraciones de Cobalto de 0.000079 mg/L a 0.00093 mg/L.



Gráfica 6.25 Concentración de Cobalto en agua de mar

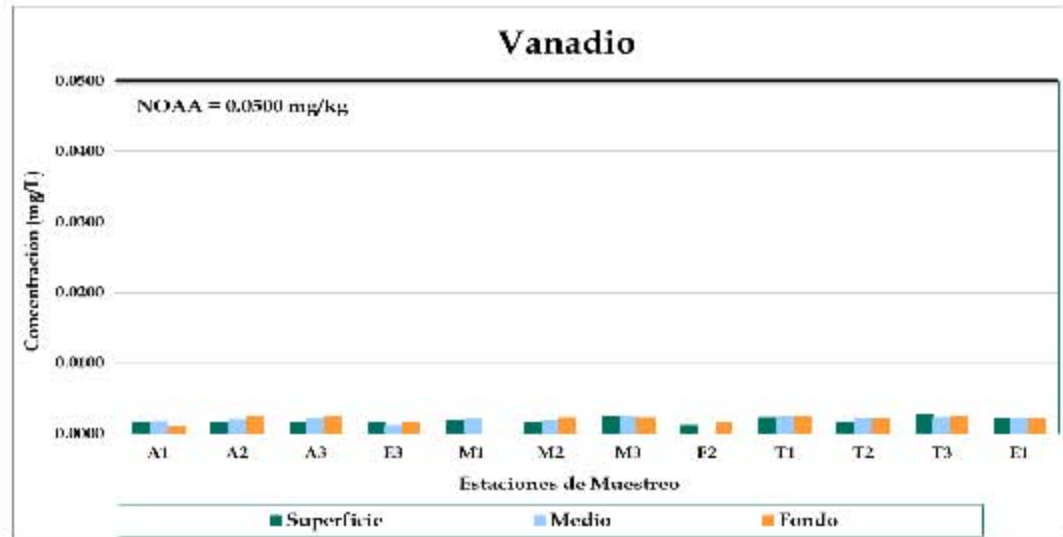
Vanadio (V)

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).



Se detectó Vanadio en el Área Contractual 1 en 37 muestras, en un rango de 0.0011 a 0.0027 mg/L. Estas concentraciones están por debajo de los límites que establece la NOAA (Vanadio = 0.0500 mg/L) (ver Gráfica 6.26).

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.



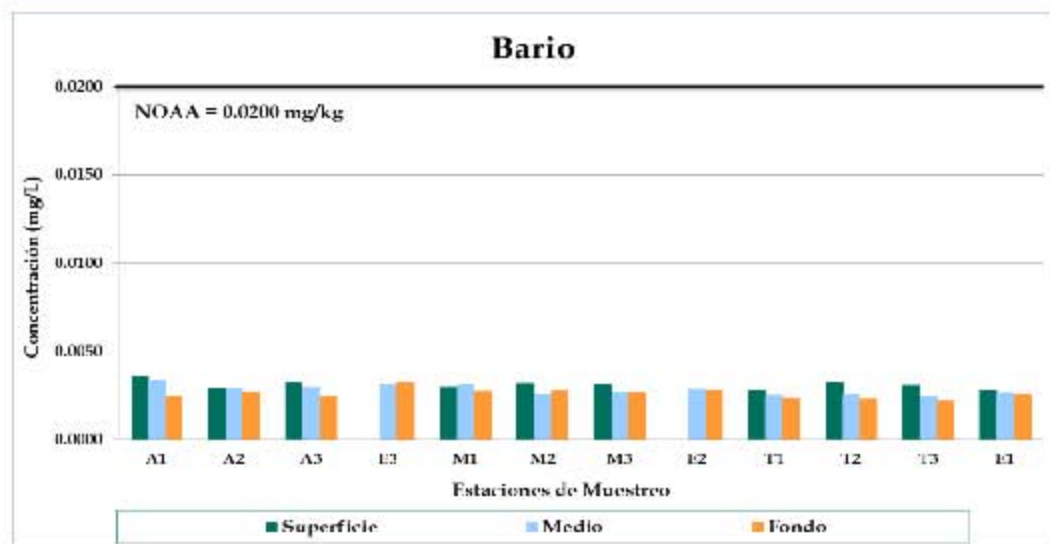
Gráfica 6.26 Concentración de Vanadio en agua de mar

Bario (Ba)

El Bario es un contaminante asociado a los fluidos de perforación ya que anteriormente se usaba en forma de barra y se denominaba barita (Gold, 2004). La barita (sulfato de bario) se adiciona específicamente en los fluidos de perforación para incrementar su densidad, con objeto de evitar que el gas, aceite o agua presentes en las formaciones permeables, invadan el barreno; previniendo además el derrumbe de las paredes mediante el control de presión hidrostática de las columnas de fluido que depende de la densidad de la barita adicionada y de la longitud de la columna hidrostática (SE, 2013).

En el Área Contractual 1 se detectó Bario en 37 muestras, en un rango de 0.0025 a 0.0033 mg/L. Todas las concentraciones reportadas están por debajo del criterio de comparación de la NOAA (Bario = 0.0200 mg/L) (ver Gráfica 6.27).

Así mismo, la UNAM ha reportado concentraciones máximas de Bario de 0.000017 mg/L en áreas aledañas al Área Contractual 1.



Gráfica 6.27 Concentración de Bario en el agua de mar

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 1 no se detectaron concentraciones de Estaño por encima del límite de cuantificación del laboratorio en ninguna de las muestras analizadas.

6.2.7 Calidad de Sedimento Marino

En el Apéndice 6.9 se presenta un resumen del muestreo y análisis de los parámetros de calidad del sedimento marino para el Área Contractual 1 y en los Apéndice 6.10 al Apéndice 6.15 se detalla la información por parámetro. En el Anexo 5.3 se presentan todos los resultados de laboratorio para muestras de sedimento y sus correspondientes cadenas de custodia, emitidos por ITS.

De manera similar a la interpretación de las muestras de agua de mar, se utilizaron criterios de comparación internacionales en el caso de sedimento marino. Los resultados analíticos fueron comparados contra el criterio de HTP de la UNESCO establecido en 1976, así como los criterios de la de la Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino (ISQG) publicada por el CCME y los límites TEL y PEL presentados en las SQuIRTs de la NOAA para metales y HAP.

Los criterios de comparación de la CCME son equivalentes en casi todos los casos al valor TEL y al PEL 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.

Así mismo, para el análisis de metales en sedimento marino se utilizó un nebulizador ultrasónico acoplado al ICP (equipo de espectroscopia de plasma de acoplamiento inductivo) para poder cuantificar concentraciones muy bajas, siguiendo la metodología EPA 6010C-2007.

6.2.7.1

Resultados analíticos

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 1, no se detectaron concentraciones de HTP- Fracción ligera, Fracción Media y FP por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio en ninguna muestra colectada.

En el *Apéndice 6.10* se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 1.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)

Se ha reportado concentraciones de HAP en la Laguna Camen-Machona en Tabasco, que es el cuerpo de agua costera más cercano al Área Contractual 1. Los valores reportados de HAP en sedimento están entre 2.8 y 2.89 mg/kg, siendo los más abundantes los compuestos de 5 y 6 anillos bencénicos (Vazquez-Botello, 1993).

Sin embargo, los resultados analíticos específicos para el Área Contractual 1 presentan que no hay detección de estos compuestos por arriba del límite de cuantificación del laboratorio en ninguna de las muestras de sedimento.

En el *Apéndice 6.11* se presentan los resultados analíticos de HAP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 1.



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 (Cr)
- Mercurio (Hg)
- Níquel (Ni)
- Vanadio (V)
- Plata (Ag)
- Bario (Ba)
- Litio (Li)
- Manganeso (Mn)
- Molibdeno (Mo)
- Selenio (Se)
- Estaño (Sn)

Estos metales fueron detectados en el Área Contractual 1, siendo su comportamiento general en el orden que se menciona a continuación:

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

Es factible suponer que estos elementos son adsorbidos sobre las partículas sedimentarias, especialmente cuando el sedimento tiene alto contenido de materia orgánica, ya sea que provengan del continente a través de las descargas fluviales que son abundantes en esta región del Golfo de México, que sean acarreados por el transporte atmosférico hacia la zona costera y oceánica o generados por actividades realizadas directamente en el mar como la explotación petrolera.



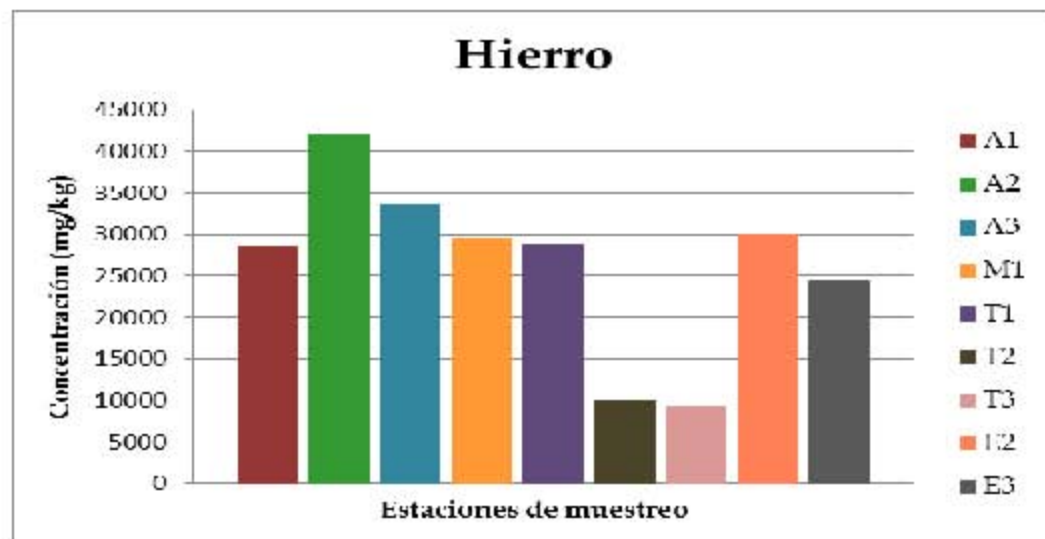
La importancia de identificar concentraciones de metales pesados en el sedimento marino es que estos elementos pueden afectar a la biota marina, ya que pueden movilizarse y ser atrapados a través de las membranas biológicas de las diferentes especies marinas.

En el *Apéndice 6.12* se presentan los resultados analíticos de metales para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 1.

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). De manera natural es un elemento muy abundante y con una gran actividad diagénética debido a la propiedad que tiene de ser estable como Fe (II) y Fe (III). Además, este metal puede provenir de residuos industriales y depósitos minerales (Acosta, 1976).

En el Área Contractual 1, el Hierro fue detectado en todas las muestras de sedimento y se encuentra en un rango de 9,331.33 a 42,146.19 mg/kg (ver Gráfica 6.28). No se han establecido criterios de comparación para este metal.

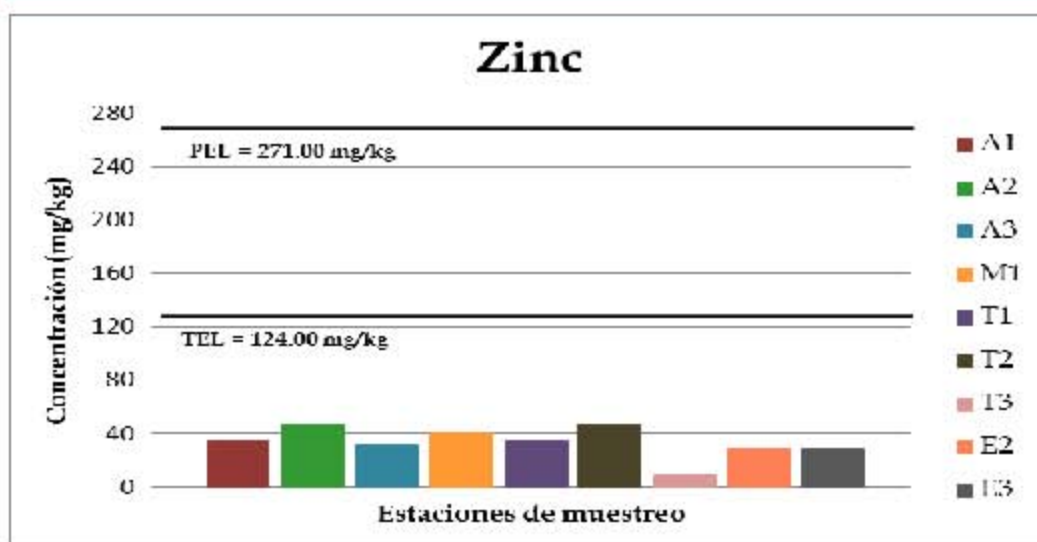


Gráfica 6.28 Concentración de Hierro en sedimento marino

Zinc (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 1 en todas las muestras colectadas, en un rango de 8.84 a 46.99 mg/kg. Estas concentraciones están por debajo de los límites establecidos en los SQuiRTs de la NOAA, tal como se observa en la Gráfica 6.29.



Gráfica 6.29 Concentración de Zinc en sedimento marino

Cadmio (Cd)

Las concentraciones de Cadmio en sedimento se relacionan con las descargas de los ríos y lagos 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).

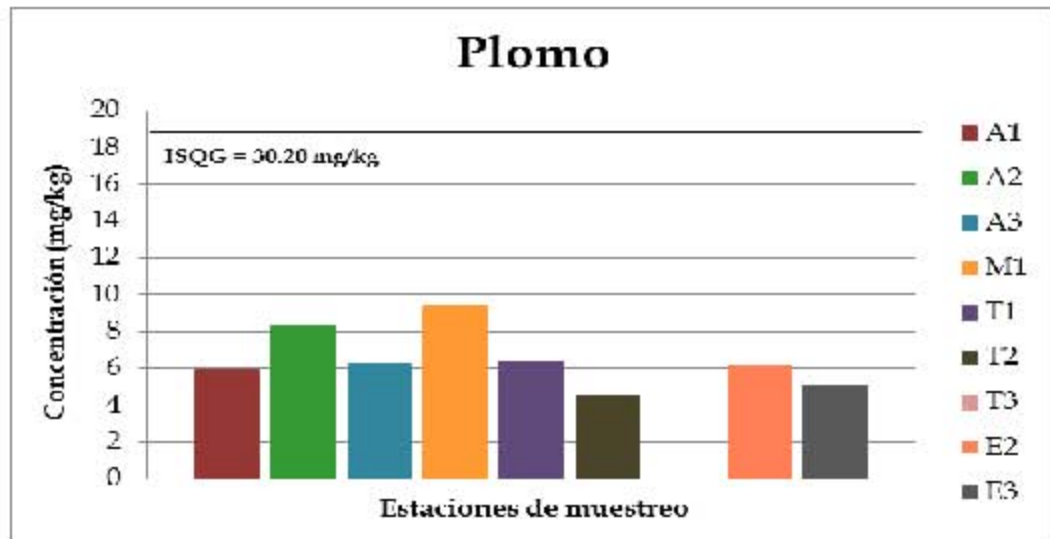
En la Sonda de Campeche se han realizado estudios continuos sobre este y otros metales pesados; los resultados obtenidos en la campaña oceanográfica SGM-9 de la UNAM en el 2004 presentan valores entre 0.114 y 0.119 mg/kg en los primeros 10 cm de sedimento (Vázquez *et al.*, 2006). Sin embargo, en el Área Contractual 1 no se detectó Cadmio en el sedimento marino por encima del límite de detección del laboratorio.

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). Generalmente el aporte de Plomo al mar se debe a las actividades antropogénicas y específicamente en las actividades petroleras este metal se asocia a los residuos de perforación.

En el Área de estudio se detectaron concentraciones de Plomo en todas las muestras de sedimento, en un rango de 4.12 a 9.40 mg/kg, por debajo de los criterios de comparación del CCME y los SQiRTs de la NOAA.

En la Gráfica 6.30 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.

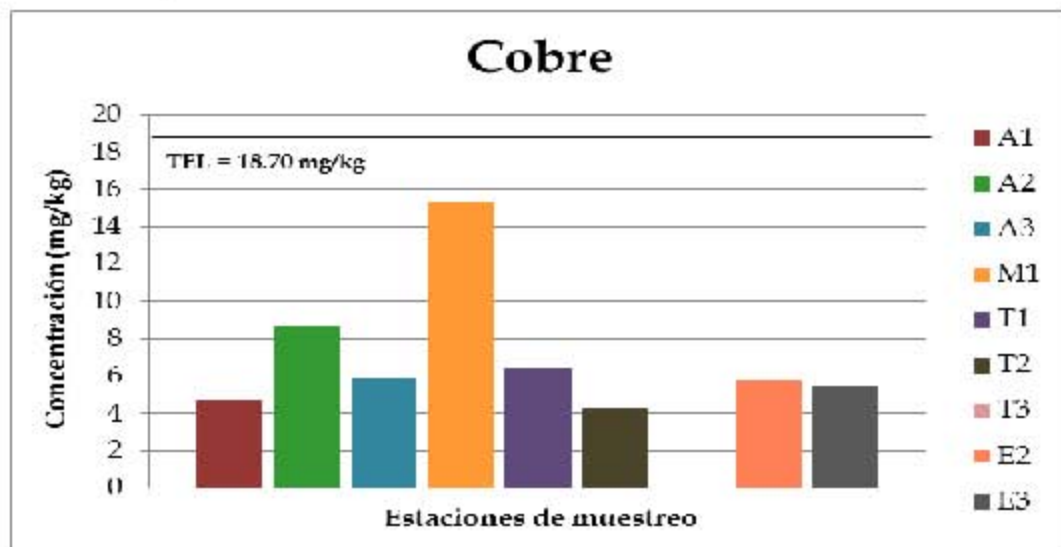


Gráfica 6.30 Concentración de Plomo en sedimento marino

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 1, nueve muestras de sedimento presentaron concentraciones de Cobre, sin embargo, los valores reportados están por debajo de los criterios de comparación internacionales utilizados en esta sección. En la Gráfica 6.31 se muestran los resultados obtenidos comparados con el límite TEL, establecido por la NOAA.



Gráfica 6.31 Concentración de Cobre en sedimento marino



Cromo (Cr)

En la campaña oceanográfica (SGM-9) en el 2004, realizada por la UNAM, se detectaron concentraciones de Cromo en tres niveles del sedimento de la Sonda de Campeche y áreas colindantes en el sur del Golfo de México; a 1 cm y 5 cm se tuvo un promedio de 0.003 mg/kg y a 10 cm se tuvo 0.002 mg/kg. El principal aporte probablemente se hace a través del río Coatzacoalcos y a los ríos de Tabasco.

En el Área Contractual 1 no se detectaron concentraciones de Cromo Hexavalente, en ninguna muestra de sedimento marino por arriba del límite de detección del laboratorio.

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 1, únicamente en la muestra M1-sed con una concentración de 0.075 mg/kg, la cual no excede los límites máximos permisibles de la NOAA (TEL = 0.13 y PEL = 0.70 mg/kg). En el resto de las muestras no se detectaron concentraciones por arriba del límite de detección del laboratorio.

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).

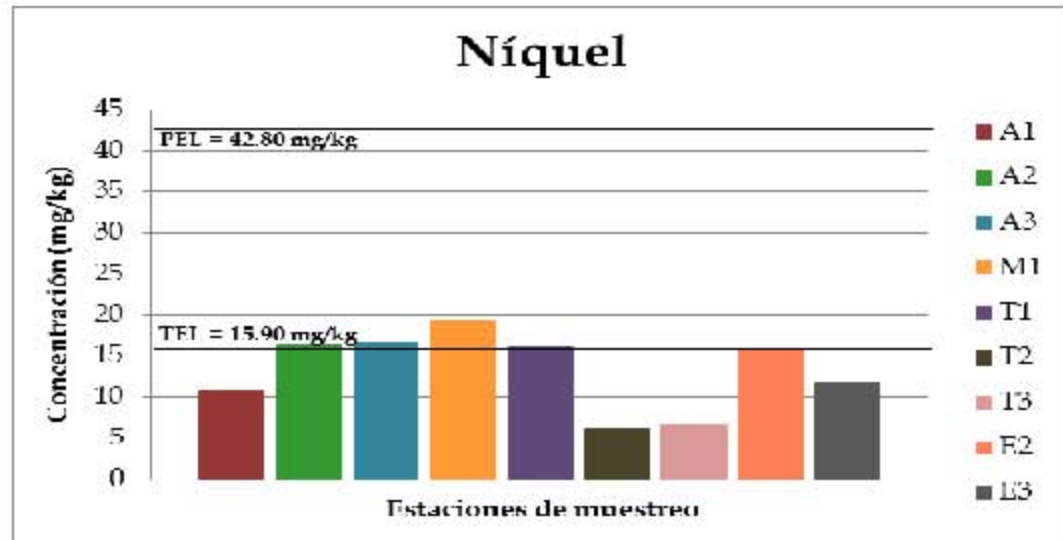
Durante la campaña oceanográfica SGM-9 de la UNAM, se colectaron muestras de sedimento que presentaron concentraciones entre 0.001 y 0.002 mg/kg en la Sonda de Campeche. En contraste, en el Área Contractual 1, todas las muestras presentaron concentraciones de Ni y cinco de ellas están por arriba del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA (ver Gráfica 6.32). A continuación se presentan las muestras con excedencia:

- A2-sed = 16.38 mg/kg y Dupli-sed = 16.57 mg/kg
- A3-sed = 16.61 mg/kg
- M1-sed = 19.25 mg/kg
- T1-sed = 16.06 mg/kg

Estas muestras alcanzan concentraciones que reflejan efectos adversos de forma ocasional sobre los organismos marinos y estas excedencias pueden estar



asociadas a las impurezas que tiene el aceite crudo extraído en las actividades petroleras.



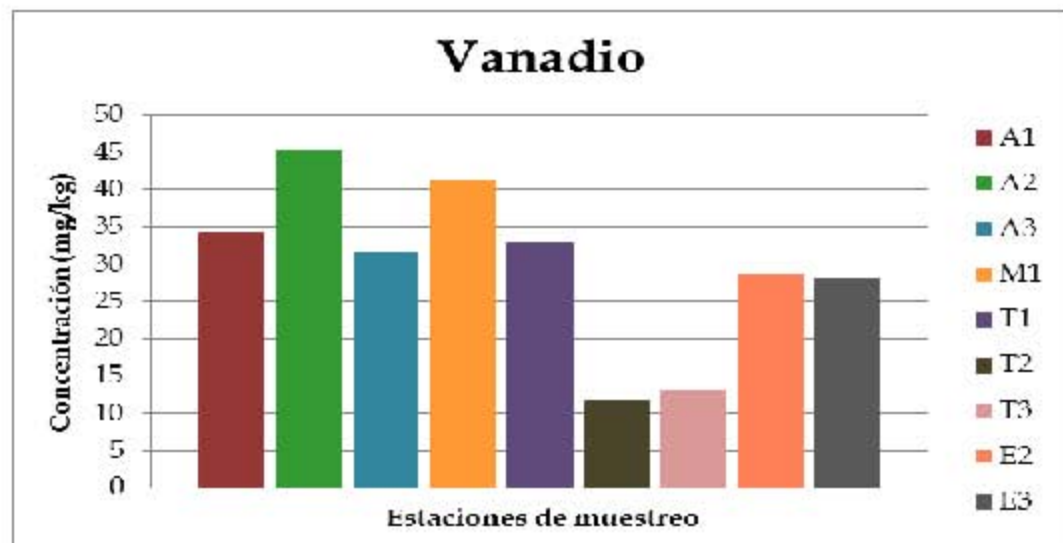
Gráfica 6.32 Concentración de Níquel en sedimento marino

Vanadio (V)

La presencia del Vanadio en sedimento marino se asocia a las actividades petroquímicas ya que entra al ambiente principalmente por la combustión de petróleo, así mismo es una impureza de los aceites crudos.

La campaña oceanográfica SGM-9 de la UNAM reporta presencia de Vanadio en el sedimento de la Sonda de Campeche y sur del Golfo de México en concentraciones de 0.001 a 0.002 mg/kg.

En el Área Contractual 1 todas las muestras presentaron concentraciones de Vanadio en un rango de 11.70 a 45.33 mg/kg (ver Gráfica 6.33).





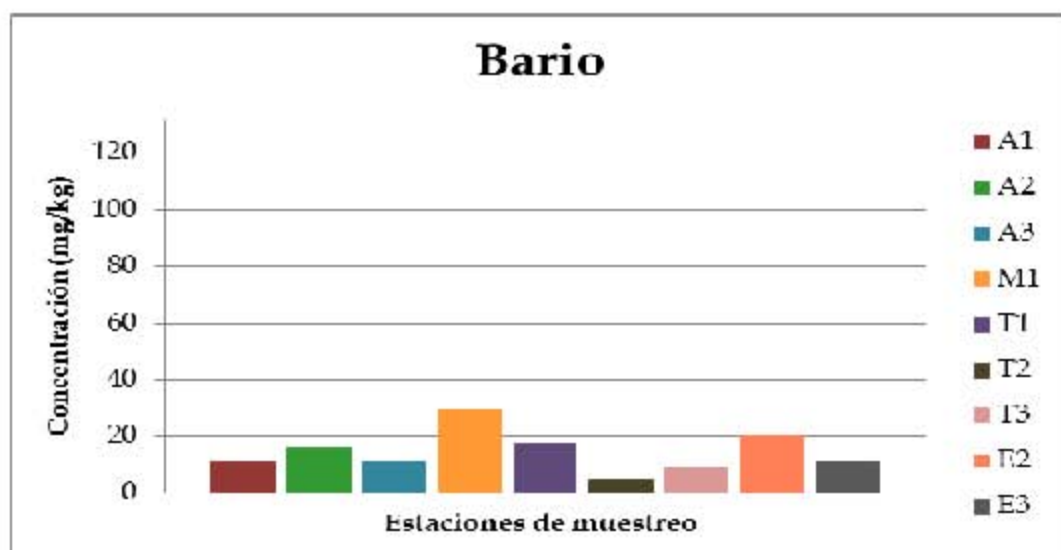
Gráfica 6.33 Concentración de Vanadio en agua de mar

Plata (Ag)

No se detectaron concentraciones de Plata por encima del límite de detección del laboratorio, así mismo este elemento no forma parte de los metales necesarios para que la biota marina lleve a cabo su ciclo de vida.

Bario (Ba)

El Bario tiene movilidad baja en los ecosistemas marinos ya que precipita en forma de sulfatos y carbonatos, y estos son atrapados por las arcillas (Garduño, 2012). En el Área Contractual 1 todas las muestras presentaron concentraciones de Bario en un rango de 4.53 a 29.30 mg/kg (ver Gráfica 6.34).

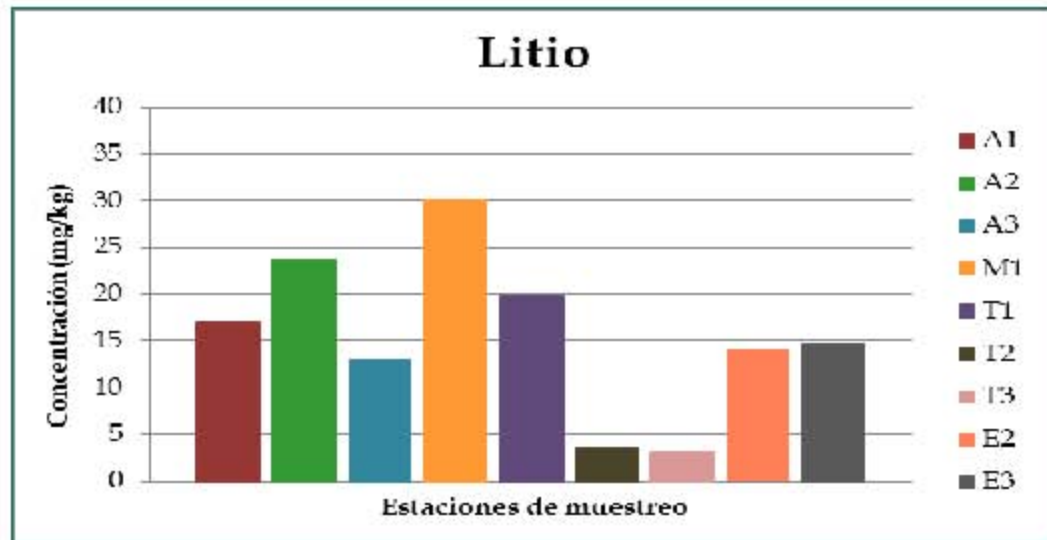


Gráfica 6.34 Concentración de Bario en agua de mar

Litio (Li)

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.

En el Área Contractual 1, las muestras de sedimento presentaron concentraciones de litio en un rango de 3.20 a 30.05 mg/kg (ver Gráfica 6.35). No se han establecido criterios de comparación para este metal.

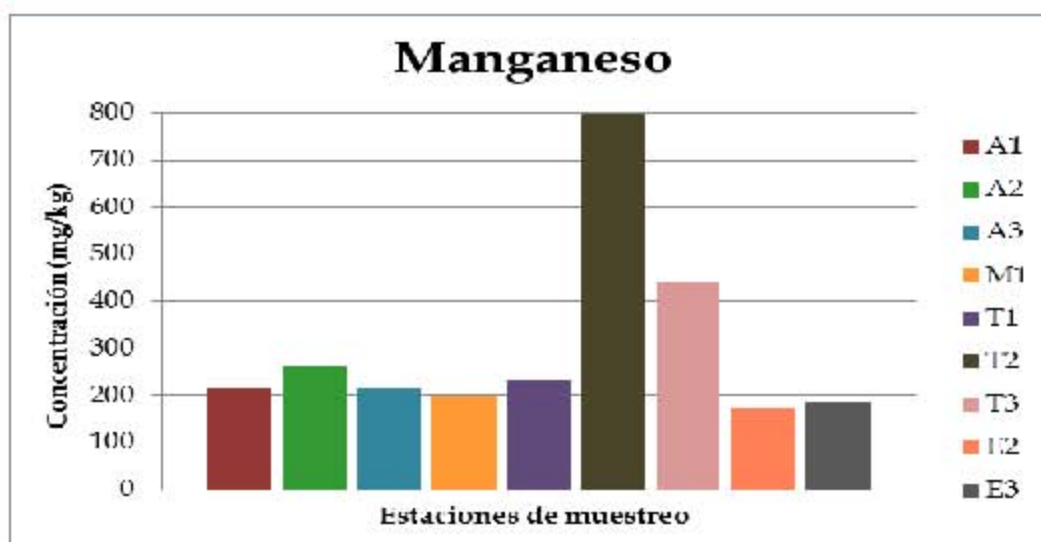


Gráfica 6.35 Concentración de Litio en sedimento marino

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 con pozos petroleros, también se encuentra presente en diversas arcillas (siendo la hectorita la más importante) y en el agua de mar (SE, 2014).

Manganeso (Mn)

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 1 todas las muestras presentaron concentraciones de Manganeso en un rango de 173.60 a 795.50 mg/kg (ver Gráfica 6.36). No se han establecido criterios de comparación para este metal.



Gráfica 6.36 Concentraciones de Manganeso en sedimento marino

Molibdeno (Mo)

En el Área Contractual 1 no se detectó Molibdeno en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. No se han establecido criterios de comparación para este metal.

Selenio (Se)

En el Área Contractual 1 no se detectó Selenio en el sedimento marino por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. No se han establecido criterios de comparación para este metal.

Estaño (Sn)

En el Área Contractual 1 no se detectó Estaño en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. No se han establecido criterios de comparación para este metal.

6.2.7.2 *Propiedades físicas*

Las propiedades físicas evaluadas en el Área Contractual 1 para este estudio son las siguientes:

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

En el Apéndice 6.13 y Apéndice 6.14 se presentan los resultados analíticos de las propiedades físicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 1.



Granulometría (partículas elementales)

Se determinaron las partículas elementales del sedimento marino en el Área Contractual 1 y, en general, los resultados analíticos muestran que la partícula más abundante fue la arena, con un porcentaje de hasta 98.04% del material que conforma el sedimento. No hubo predominancia de limo o arcilla como segundo material, los porcentajes de ambos varían en cada muestra (ver *Apéndice 6.14*).

Textura del sedimento

En el Área Contractual 1 el fondo marino tuvo una batimetría homogénea de 12.0 a 15.0 m de profundidad en el campo Amoca, de 29.0 a 30.0 m en campo Miztón y de 30.0 m en el campo Tecoalli. En el sedimento encontrado en esta Área predomina la textura arenosa con porcentajes de arena de hasta 98.74%; por otro lado, particularmente el punto M1 tuvo un alto porcentaje de limo (59.77%) comparado con el resto de las muestras. La textura arenosa del sedimento coincide con lo reportado en la bibliografía ya que el Área Contractual 1 se encuentra cercana a la costa de Tabasco (ver *Apéndice 6.13*).

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). La materia orgánica en los sedimentos tiene gran importancia ya que influye en la distribución de metales, debido a que forma complejos que permite mantener a los metales en el sedimento (Szefer *et al.*, 1995).

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 1 no se presentaron valores de MO mayores al límite de cuantificación del laboratorio (ver *Apéndice 6.13*), sin embargo, se realizó un cálculo posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación y se determinó la concentración de materia orgánica en un rango de 0.32 a 1.973% en todas las muestras de sedimento, lo cual tendría relación con el carbono orgánico total detectado también en el sedimento (ver *Tabla 6.18*).

Tabla 6.18 *Registros de materia orgánica en sedimento marino*

<i>Muestra</i>	<i>Prof. (m)</i>	<i>MO (%)</i>
A1-sed	15.0	0.62
A2-sed	14.0	0.96
Dupli-sed	14.0	0.66
A3-sed	12.0	0.57



<i>Muestra</i>	<i>Prof. (m)</i>	<i>MO (%)</i>
M1-sed	29.0	1.73
T1-sed	30.0	0.32
T2-sed	30.0	0.49
T3-sed	30.0	0.66
E2-sed	12.0	0.97
E3-sed	12.0	0.93

6.2.7.3

Propiedades químicas

Las propiedades químicas evaluadas en el Área Contractual 1 para este estudio son las siguientes:

- *Redox*
- *Carbono orgánico total*

En el *Apéndice 6.15* se presentan los resultados analíticos de las propiedades químicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 1.

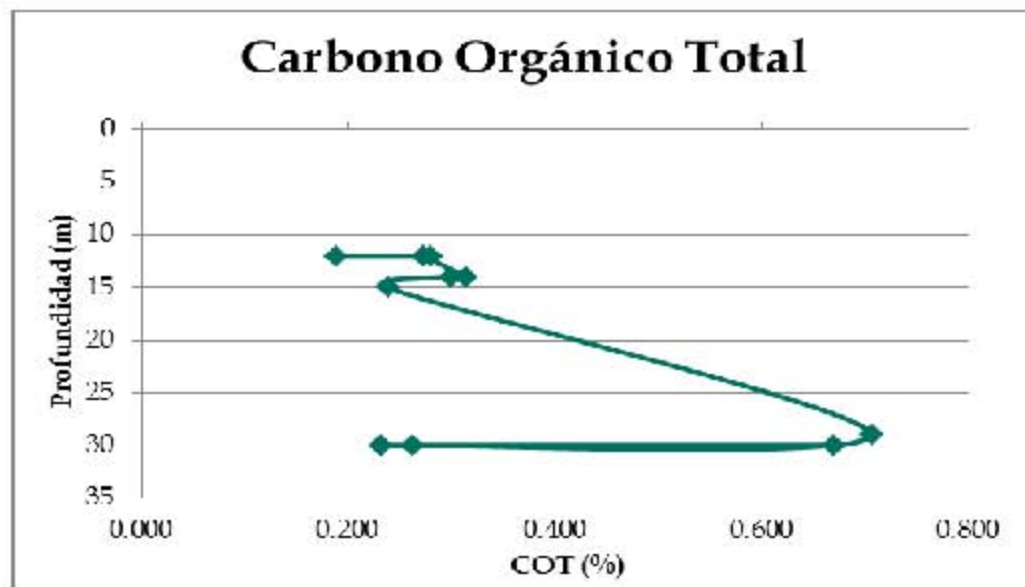
Redox

En el Área Contractual 1 se registraron valores de potencial redox en un rango de 214.13 a 227.37 mV, lo cual significa que el ambiente favorece las reacciones de oxidación. El potencial redox tiene influencia en la distribución espacial y en la fisiología de los microorganismos y en este caso, los resultados analíticos indican que el ambiente marino es propicio para microorganismos aerobios estrictos, los cuales son metabólicamente activos a potenciales redox positivos, y para microorganismos anaerobios facultativos.

Carbono orgánico total

Suess (1980) ha reportado que el flujo de carbono orgánico disminuye conforme aumenta la profundidad en la columna de agua, sin embargo, el Área Contractual 1 todas las muestras presentaron valores similares, a excepción de M1 y T3, que presentaron los valores más altos (ver Gráfica 6.37).

En zonas cercanas al Área Contractual 1 se han registrado valores de carbono orgánico total de 0.2 a 2.16% de manera homogénea en el Golfo de México. Específicamente en el Área de interés se reportaron valores de 0.189 a 0.706%, y se encuentran dentro del intervalo esperado de carbono orgánico.



Gráfica 6.37 Porcentaje de Carbono Orgánico Total en sedimento marino

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 6.16* correspondiente.

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*



nitzschioides, *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*, *Scrapsiella 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 µm) fue de 0.036 cel/L. De este grupo, las diatomeas dominaron con respecto al resto, registrando abundancias relativas mayores al 80%.

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*.

Cabe señalar que durante la colecta de muestras de fitoplancton en el Área Contractual 1 no se observaron sectores marinos con eutrofización o coloración anómala asociados a eventos de "marea roja" o proliferación excesiva de microalgas.

Las muestras de fitoplancton colectadas durante la campaña de campo 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.



6.3.2

Zooplankton

El zooplankton es, muy probablemente, la comunidad acuática más importante del planeta tanto en términos tróficos como en el papel que juega en el balance y flujo de energía y CO₂ en los océanos (Sparks y Reid, 1999; Cury *et al.*, 2001), además, el zooplankton representa el grupo de organismos que sirve como eslabón en el flujo de energía entre productores primarios y niveles tróficos superiores. Respecto al zooplankton marino, el grupo más estudiado en México ha sido el de los copépodos, de los cuales se han registrado 479 especies planctónicas marinas en las costas mexicanas del Pacífico y del Atlántico, principalmente del orden Calanoida (Suárez-Morales y Gasca, 1998).

Formando parte del zooplankton existen varios grupos holoplácticos, como protozoarios, cnidarios, ctenóforos, crustáceos, moluscos pterópodos y quetognatos. En los protozoarios marinos básicamente hay tres grupos: foraminíferos, radiolarios y ciliados (que contiene a los tintinidos). Los cnidarios corresponden a las medusas, hidrozorios y corales, pero sólo las medusas son holoplácticas; las larvas planctónicas de corales se denominan plánulas. Los crustáceos son el grupo más diverso del holoplankton, pues incluye los copépodos, cladóceros, ostrácodos, anfípodos y eufásidos (también conocidos como krill) y, dentro de los cordados, otro grupo holopláctico son los sálpidos (Ramírez, 2006). Los copépodos son el componente mayoritario del zooplankton y alcanzan, en ocasiones, de 70 a 90% de la captura de zooplankton, razón por la cual se consideran el segundo eslabón de la cadena alimentaria (Mendoza, R. y P. Koleff (coords.) 2014)

A partir de la información recabada de trabajos especializados, bases de datos e informes técnicos, se elaboró un listado taxonómico de organismos del zooplankton 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 6.17* correspondiente.

Así como en el caso del fitoplancton, las muestras de zooplankton colectadas durante la campaña de campo están siendo analizadas en los laboratorios del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav). 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.

6.3.3

Macrobentos

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



Los también denominados 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 reciclaje 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. A partir de los estudios revisados sobre los hábitats bentónicos marinos en la porción Suroeste del Golfo de México, se generó el *Apéndice 6.18*, la cual contiene una síntesis de las especies potenciales y las características de sus hábitats.

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 6.18*) 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 (Ortiz, 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 de México (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).

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 y 16.8 °C.

Resultados

6.3.3.1 *Ubicación y distribución de las especies registradas*

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). 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 e equivalente a la reconocida en hotspots terrestres de ambientes tropicales y subtropicales.

En la Figura 6.28, se observan las estaciones donde se realizó la evaluación correspondiente a este estudio

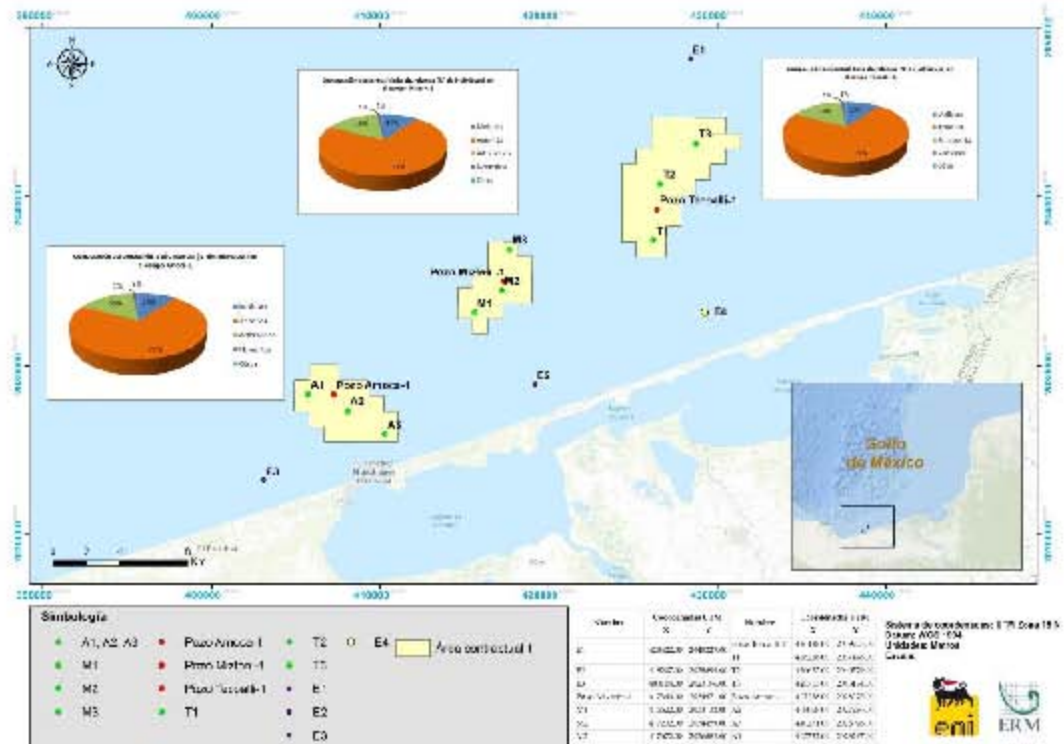


Figura 6.28 Distribución de macrobentos registrados en el Área Contractual 1

6.3.3.2 Diversidad y Riqueza de especies registradas

La composición bentónica del Área Contractual 1, se encuentra en el Apéndice 6-18. Se evaluaron en total 12 estaciones de muestreo, cuantificándose un total de 93 especies, con una abundancia y biomasa acumulada de 9,600 individuos y 205.92 g.

Los grupos taxonómicos con el mayor registro de especies, número de individuos y biomasa (g), fueron los Phylum Annelida, Arthropoda y Mollusca, caso contrario se presentó en el Phylum Nemertea seguida de la agrupación denominada "Otros", que incluyen a los organismos de los Phylum Echinodermata, Sipuncula y Chordata.

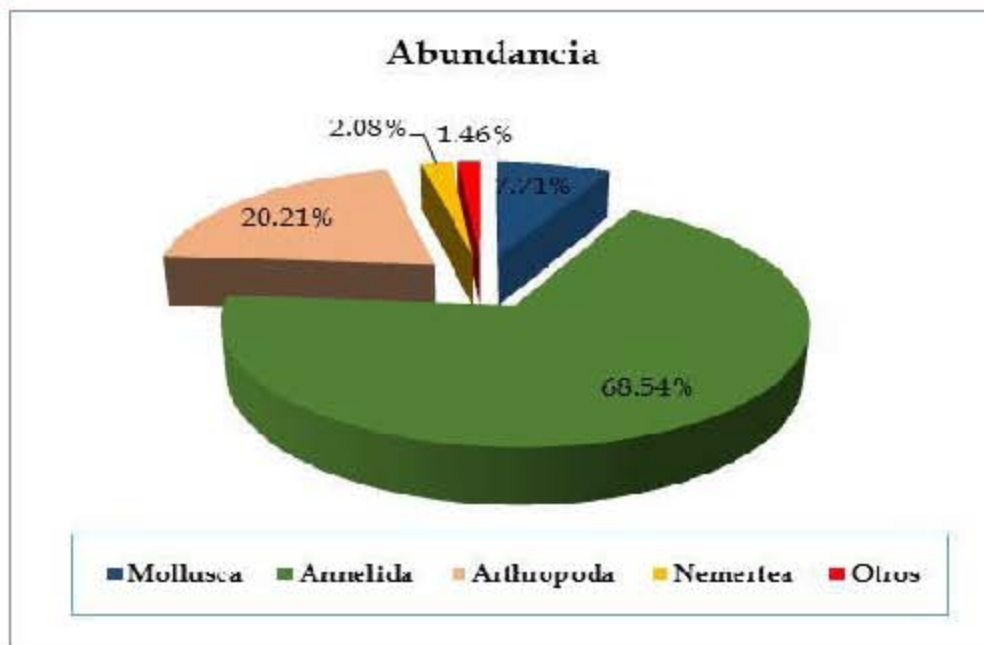
En la Tabla 6.19, Gráfica 6.38 y Gráfica 6.39 se muestran los parámetros biológicos de los grupos taxonómicos y su contribución porcentual, reportándose al Phylum Annelida seguida del Arthropoda y Mollusca con el mayor registro de especies, número de individuos y biomasa (g), caso contrario se presentó en el Phylum Nemertea y en el grupo taxonómico denominado "Otros" que incluyen a los organismos de los Phylum Echinodermata, Sipuncula y Chordata.



Tabla 6.19 *Parámetros Biológicos de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1*

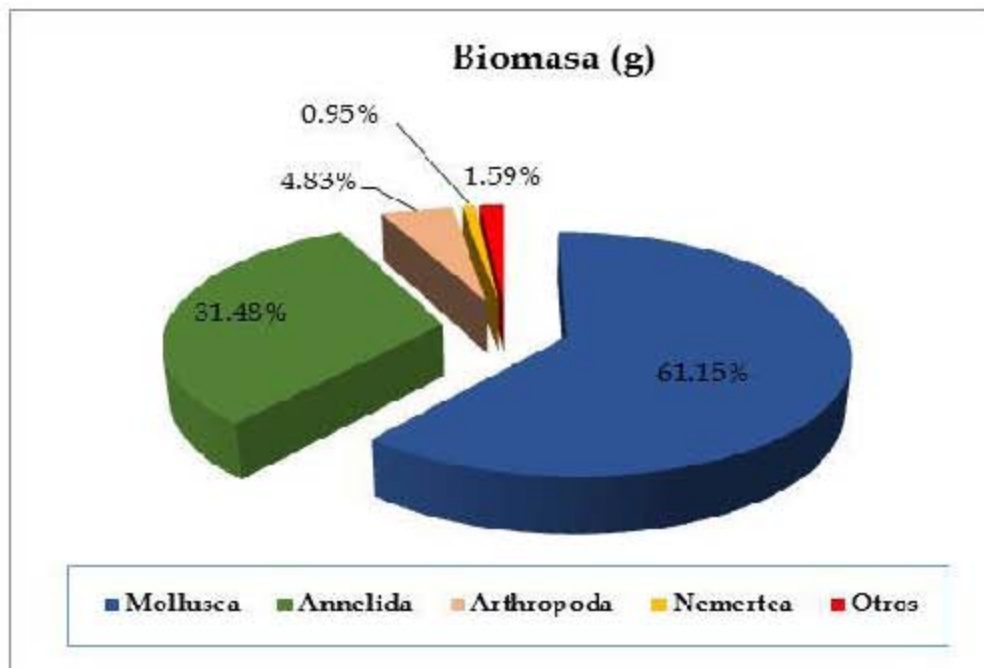
<i>Grupo taxonómico</i>	<i>N° de Especies</i>	<i>Abundancia</i>	<i>Biomasa (g)</i>
Mollusca	19	740	125.92
Annelida	52	6580	64.82
Arthropoda	16	1940	9.94
Nemertea	3	200	1.96
Otros	3	140	3.28

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.38 Composición porcentual de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1 - Abundancia



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.39 Composición porcentual de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1 - Biomasa



La mayor riqueza de especies, concentración de individuos y biomasa (g) de anélidos (poliquetos y oligoquetos), moluscos (gasterópodos, bivalvos y escafópodos) y artrópodos (crustáceos), estaría condicionada por el tipo de sedimento, presentando éstos una amplia distribución batimétrica y adaptabilidad a diferentes condiciones. La alta concentración de individuos juveniles en las colectas, en los diferentes grupos taxonómicos, podría explicarse tal vez, a que se encontrarían en reclutamiento ocurrida en temporada de primavera.

En la Tabla 6.20 se muestra, los parámetros comunitarios de cada estación de muestreo, observándose que la densidad de organismos para el área evaluada osciló entre 380 a 1,660 ind/m² y en biomasa entre los 2 g a 115.04 g/m², con respecto al registro de especies osciló entre 12 a 27 sp/m² entre estaciones de muestreo. En cuanto a la variación de la densidad de organismos bentónicos y de biomasa (g) en un gradiente de profundidad (entre los 12m a 30m) muestran una tendencia decreciente conforme incrementa la profundidad de muestreo.

Tabla 6.20 Parámetros Comunitario de Macrobentos del Área Contractual 1

<i>Estaciones de muestreo</i>	<i>Profundidad</i>	<i>Nº de Especies</i>	<i>Nº de individuos</i>	<i>Biomasa (g)</i>
A1	15	16	760	5.82
A2	14	16	700	9.42
A3	12	27	1660	16.66
E3	12	16	920	3.96
M1	29	15	400	9.08
M2	29	13	480	3.38
M3	30	12	380	3.44
E2	12	21	1220	22.8
T1	30	24	1300	115.04
T2	30	19	460	5.26
T3	30	18	600	2
E1	30	21	720	9.06

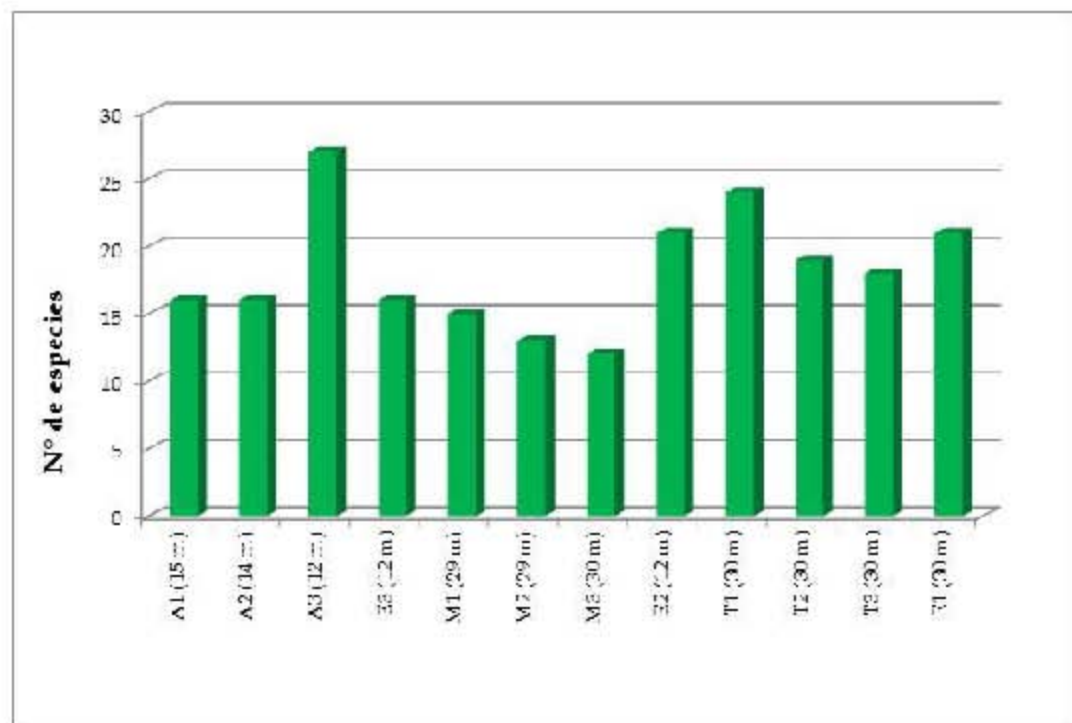
Fuente: ERM, 2016

Los valores de densidad de individuos, biomasa y riqueza de especies del área evaluada estaría relacionado al tipo de hábitat de las especies, a su relación con el tipo de sedimento/fondo, ausencia de algas y a la fuente de recursos (disponibilidad de alimento) así como también a los parámetros fisicoquímicos (temperatura, disponibilidad de oxígeno y turbiedad en la columna de agua) que presenta el medio.



Riqueza de especies e Índices de diversidad

En la Gráfica 6.40 se observa la riqueza de especies por estación de muestreo. Este resultado muestra que la estación A3 (12 m) en la que se registró el mayor número de especies seguida de la estación T1 (30 m), y las de menor registro fueron la M3 (30 m) y M2 (29 m). El tipo de sedimento (gravilla, arena limoso y limoso) del área de muestreo, incrementan la riqueza de especies del phylum Annelida, caracterizándose éstos por presentar una amplia distribución batimétrica. La mayor concentración de especies de poliquetos y crustáceos anfípodos incrementó la riqueza de especies para la estación T1.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.40 Riqueza de Especies de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

En la Tabla 6.21, se muestra los resultados de los índices de diversidad de las estaciones evaluadas; estos índices (Shannon, Margalef y Pielou) dan a conocer que el Área Contractual 1 presenta un alta diversidad (valores de Shannon \geq a 3) asociada a una baja abundancia de las especies (valores de Margalef \leq a 3), los cuales están distribuidas heterogéneamente (valores de Pielou \geq a 0.5), es decir, que hubo la dominancia de una especie en particular en términos de abundancia.



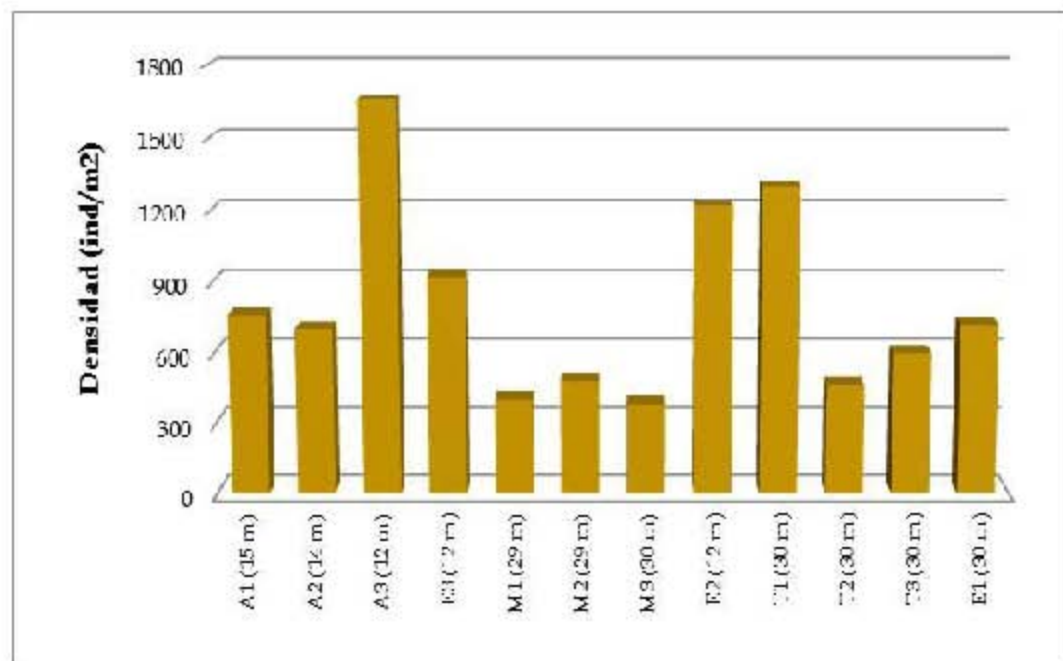
Tabla 6.21 Índice de Diversidad de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

Estaciones de muestreo	Profundidad	Índice de Shannon (H')	Índice de Margalef (d)	Índice de Pielou (P')
A1	15	2.795	2.261	0.6989
A2	14	3.718	2.29	0.9296
A3	12	4.055	3.507	0.8528
E1	30	4.058	3.053	0.9238
M1	29	3.784	2.337	0.9686
M2	29	3.252	1.944	0.8787
M3	30	3.471	1.852	0.9683
E2	12	3.454	2.814	0.7864
T1	30	3.992	3.208	0.8707
T2	30	4.089	2.936	0.9625
T3	30	3.778	2.658	0.906
E3	12	3.425	2.198	0.8564

Fuente: ERM, 2016

Densidad y biomasa (g)

En las Gráfica 6.41 y Gráfica 6.42, se observa la densidad y biomasa de las estaciones evaluadas. La estación A3 a 12 m de profundidad es la de mayor registro de individuos (1,660 ind/m²) y la estación T1 a 30 m la de mayor biomasa (126.4275 g/m²), otras estaciones fueron la T1 a 30 m con un registro de 1,330 ind/m² y la E2 a 12m con un total de 22.8 g/m² de biomasa.



Fuente: ERM, 2016



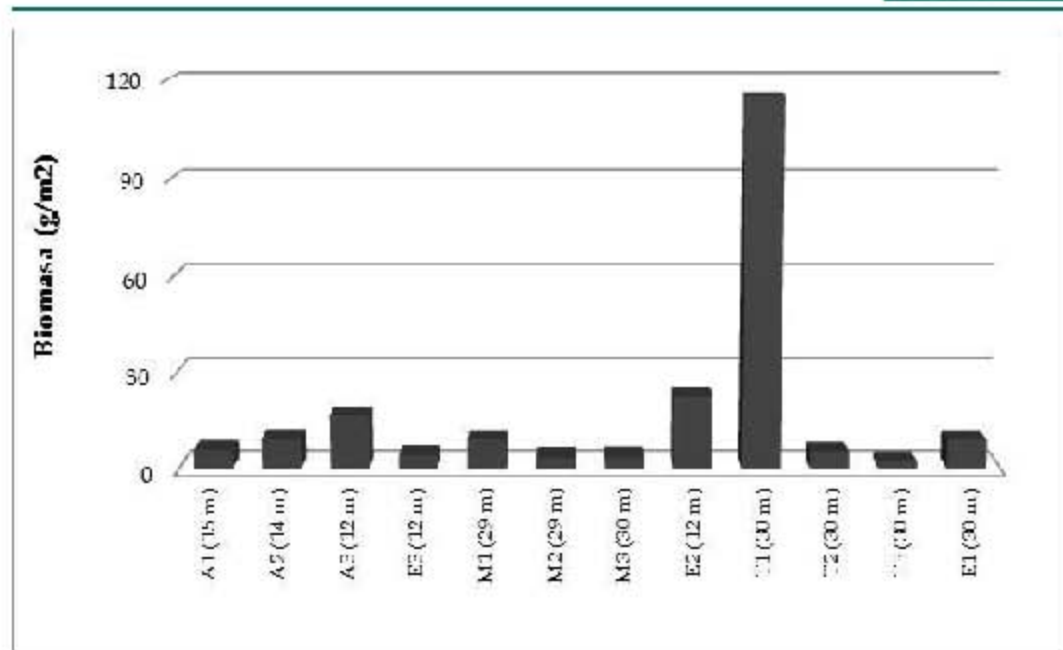
Gráfica 6.41 Densidad de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

Los organismos recolectados con altos valores de abundancia fueron los poliquetos de la especie *Dasybranchus lumbricoides*, seguida del *Scoletoma verrilli*, *Nereis falsa* y *Oranophis* sp. En la estación A3, en la estación T1 fueron los poliquetos *Paraprionospio pinnata*, seguidamente del *Sthenelais* sp. y de los crustáceos Tanaidacea y *Ampelisca araucana*. La abundancia de estas especies estaría relacionada al tipo de sustrato (lodo arenoso con restos de conchuelas) en ambas estaciones.

Dasybranchus lumbricoides y *Paraprionospio pinnata* son especies pertenecientes a la familia Capitellidae y Spionidae respectivamente. Estos organismos se caracterizan por habitar en fondos blandos de diferentes tipos de sedimento, con hábito alimenticio sedimentívoro. Algunos miembros de los Capitellidae (*Capitella capitata*) y específicamente el Spionidae-*P. pinnata* son considerados indicadores biológicos de contaminación, especialmente por materia orgánica. (ICM y L-UNAM, 1995).

El mayor registro de biomasa (g) de la estación T1 es por la colecta de individuos adultos del caracol *Oliva stricta*, caracterizándose éste por ser carnívoro y carroñero.

Las estaciones con menor densidad de organismos y biomasa fueron la estación M3 y T3 a 30 m de profundidad con un total de 398 ind/m² y 2 g/m² respectivamente. Diversos poliquetos fueron representativos en dichas estaciones, no reportándose individuo alguno del taxa Mollusca. Por lo general a mayores profundidades el tipo de sedimento es de menor granulometría limitando el hábitat de organismos, asimismo, los factores bióticos (oferta de alimentos) y abióticos (disponibilidad de oxígeno, luminosidad y temperatura) son limitantes para el crecimiento de organismos.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.42 Biomasa de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

Las diferencias y similitudes entre especies y densidades de las estaciones ubicadas a profundidades medias (12 a 15 m) y profundas (29 y 30 m) muestran una comunidad heterogénea influenciada posiblemente por el factor estacional o la ocurrencia de perturbaciones (turbiedad, cambios en la composición granulométrica del fondo marino, resuspensión y patrones de sedimentos) que a su vez generan cambios en la columna del agua y por tanto en el macrobentos.

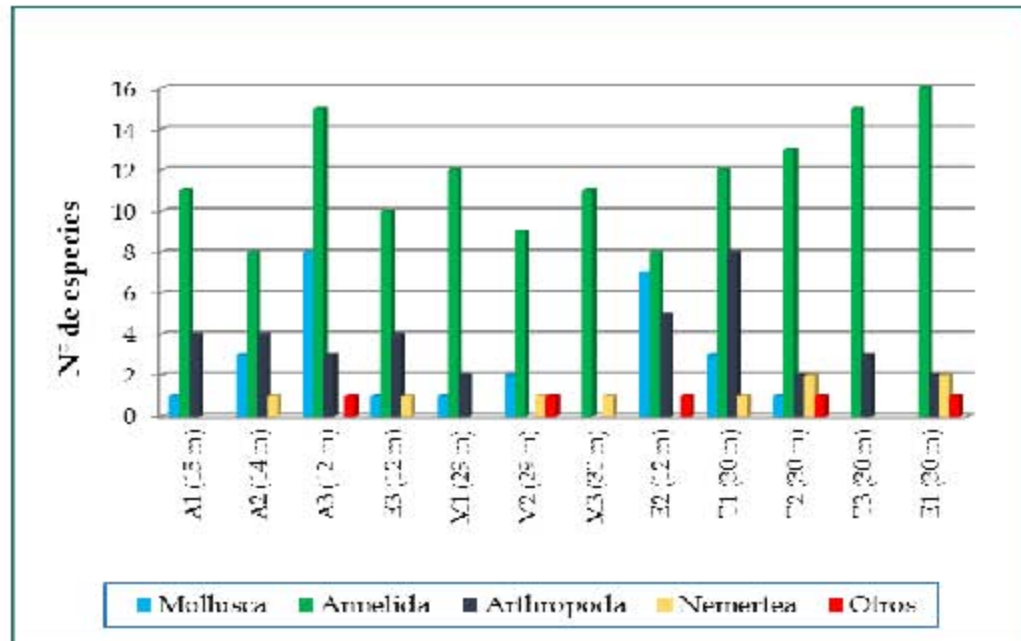
La variabilidad de la biomasa entre estaciones de muestreo a profundidades relacionadas entre sí (medias- 12 a 15m y profundas-29 y 30 m), se le atribuye a los contenidos de oxígeno disuelto en la columna de agua, a las concentraciones de materia orgánica en los sedimentos, así como las fuentes de alimento, los cuales influyen en el crecimiento de las especies. La mayor colecta de individuos juveniles y por consiguiente menores valores de biomasa, estaría relacionada la época estacional (primavera) influyente en el ciclo reproductivo.

Las características que se aprecian del sedimento (guijarros, lodo arenoso, limo arenoso, limoso con presencia de restos de conchuelas) del área de muestreo permite el hábitat de especies, que se caracterizan por ser endobentónicos (*Owenia* sp, *Terebellides lanai*, *Chone americana*, etc) y alimentarse por suspensión o filtración, así como epibentónicos con una amplia dieta alimenticia como el detritus (*Aglaophamus verrilli*, *Nephtys simoni*), sedimentos (*Parapionospio pinnata*, *Prionospio lighti*, *Magelona* spp., entre otros), materia orgánica en descomposición (diversos anfípodos-*Ampelisca araucana*, *Erichthonius* spp., *Phoxocephalus* sp. entre otros), carroña (isópoda-*Ancinus* sp.) y carnívoros (*Oruphis* sp.), etc.



Composición de las estaciones por profundidad de muestreo

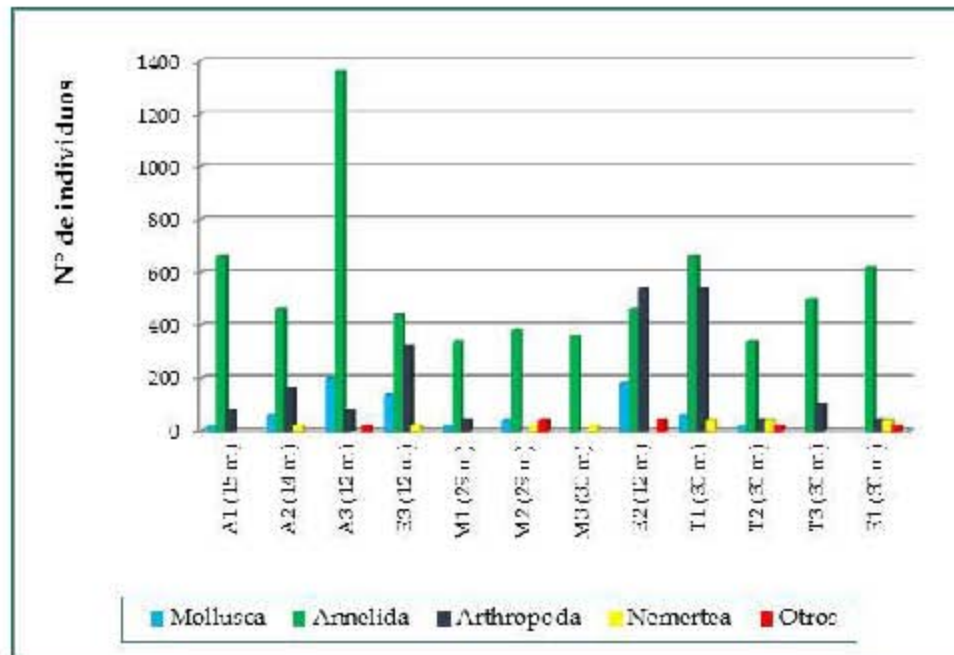
La composición de especies por estación según grupos taxonómicos se muestra en la Gráfica 6.43 observándose una notable contribución del phylum Annelida a la diversidad del área de muestreo, seguida de los Arthropoda y Mollusca, los demás phylum fueron registrados con menor registro de especies en algunas estaciones de muestreo.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.43 Riqueza de Especies por Estación de Muestreo Según Grupo Taxonómico del Área Contractual 1

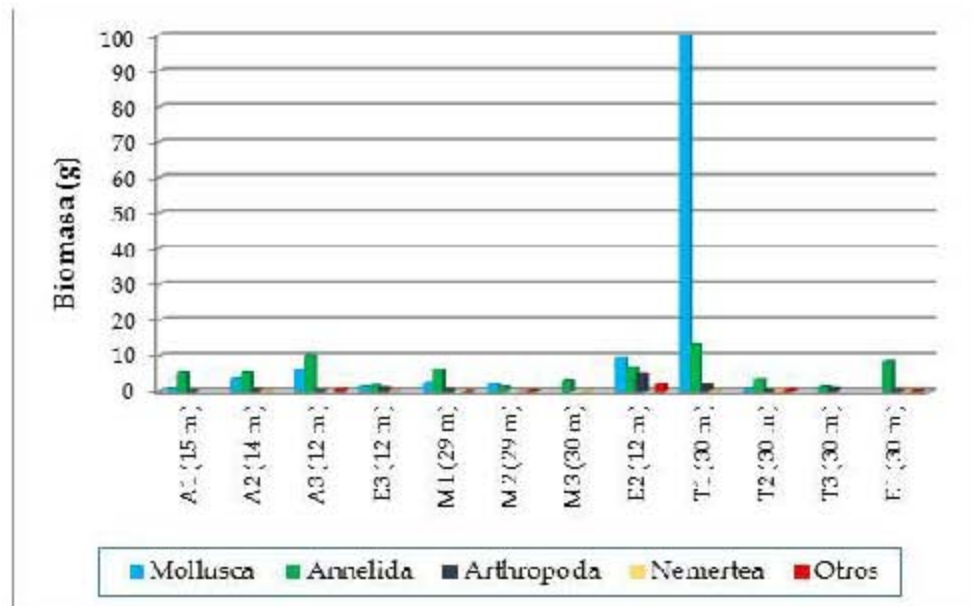
En la Gráfica 6.44 y Gráfica 6.45 se muestran las abundancias y biomasa por estación según grupo taxonómico, observándose que el Annelida fue el taxa de mayor colecta de individuos a diferentes profundidades para el área de muestreo. Con respecto a la biomasa, se tiene que el Mollusca fue el taxa más representativo en la estación T1 (30 m), seguida del Annelida con menores valores de biomasa en todas las estaciones de muestreo.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.44 Abundancia de los Grupos Taxonómicos según Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

Para saber la dominancia (mayor número de individuos colectados y mayor presencia) de especies se obtuvo un valor acumulado (total de individuos) de cada estación según especies, hallándose la dominancia (mayores a 200 pero menores a 720 individuos) de 14 especies: Oligochaeta y los poliquetos: *Aglaothamum verrilli*, *Dasybranchus lumbricoides*, *Goniadides carolinae*, *Lumbrichus dayi*, *Marphysa sanguinea*, *Nereis falsa*, *Oruphis sp.*, *Paraprionospio pinnata*, *Scoletoma verrilli* y *Sthenelais sp.*; así como de los artrópodos: Haustoriidae, *Phoxocephalus sp.* y Tanaidacea. Estas especies fueron las de mayor abundancia en la colecta de individuos en 2 a 6 estaciones de muestreo. En tanto, que las especies de menor dominancia (mayores a 40 pero menores a 180 individuos) fueron 37: 7 especies de moluscos (*Ilianassa trivittata*, *Impages salleana*, *Oliva scripta*, *Olivella nivea*, *Triplofusus giganteus*, *Tellina tayloriana* y *Dentalium oerstedii*) 20 especies de anélidos (*Oligochaeta*, *Armandia brevis*, *Cavelleriella alata*, *Chloea viridis*, *Glycera papillosa*, *Hyalinoecia tubicola*, entre otros), 6 especies de artrópodos (*Albunea lucasia*, Leuconidae, *Rhithropanopeus harrisi*, entre otros), los Nemertea I y Nemertea II, la estrella de mar *Amphiphus abditus* y el cefalopodo *Branchicostoma elongatus*; colectados en 2 a 7 estaciones de muestreo. Otras especies, capturadas en una estación de muestreo fueron 42 en total (12 moluscos, 21 anélidos, 7 artrópodos, el Nemertea III y el *Sipunculus sp.*), presentando una abundancia acumulada de 20 a 140 individuos (ver Apéndice 18).

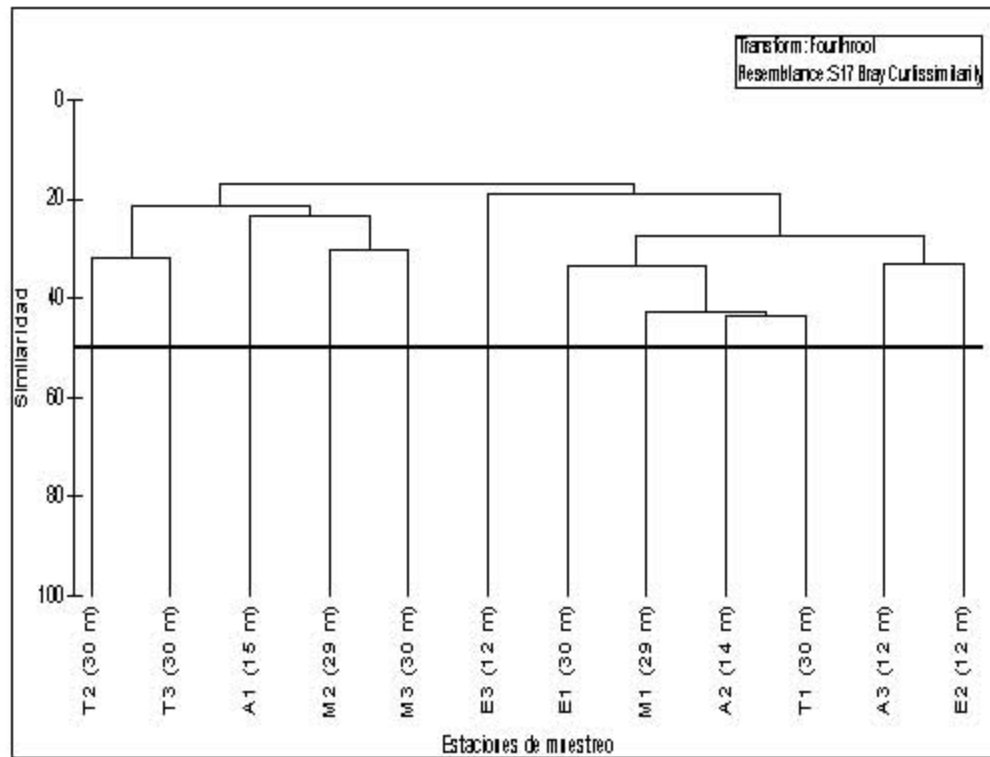


Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.45 Biomasa (g) de los Grupos Taxonómicos según Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1

Similitud entre muestras

Para establecer la disimilitud (diferencias) o similitudes entre estaciones de evaluación, en función a la composición del macrobentos se realizó el dendrograma de Bray-Curtis, en el cual se observa la formación de 2 grupos, relacionándose entre estaciones cada grupo a un determinado porcentaje de similitud. A un nivel de 30% de similitud (especies comunes y como están compuestas sus abundancias) se relacionan las estaciones de los dos grupos (ver Gráfica 6.46).



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.46 Dendrograma del Índice de Similitud de Bray-Curtis del Área Contractual 1

En el dendrograma se observa que el primer grupo, a un porcentaje de similitud del 33% relaciona las estaciones de T2 con la T3 y la estación M2 con la M3, dichas estaciones con una profundidad que oscila entre los 29 y 30 m. Por otro lado, el segundo grupo a una similitud del 43% relaciona las estaciones A2 (14 m) con la T1 (30 m) y la estación A3 con la E2 a una similitud del 33% a los 12 m de profundidad. Otras estaciones mostraron relación entre cada grupo a un menor porcentaje de similitud. En el caso de la estación E3 (12 m) fue la estación que presentó menor similitud (20%) entre las estaciones del segundo grupo.

En todas las estaciones agrupadas se reportaron especies comunes con similares abundancias, sin embargo, la baja similitud entre estaciones está relacionada a la cantidad de especies reportadas en una unidad de muestreo. Este dendrograma muestra una comunidad heterogénea a condicionada por los niveles de profundidad, formado "parches" poblacionales con dominancia de alguna especie en particular, relacionados a la distribución de los sedimentos y a la influencia de los parámetros fisicoquímicos del medio.



6.3.3.3 *Categorías de Conservación*

Ninguna de las especies registradas forma parte de alguna lista de conservación nacional e internacional.

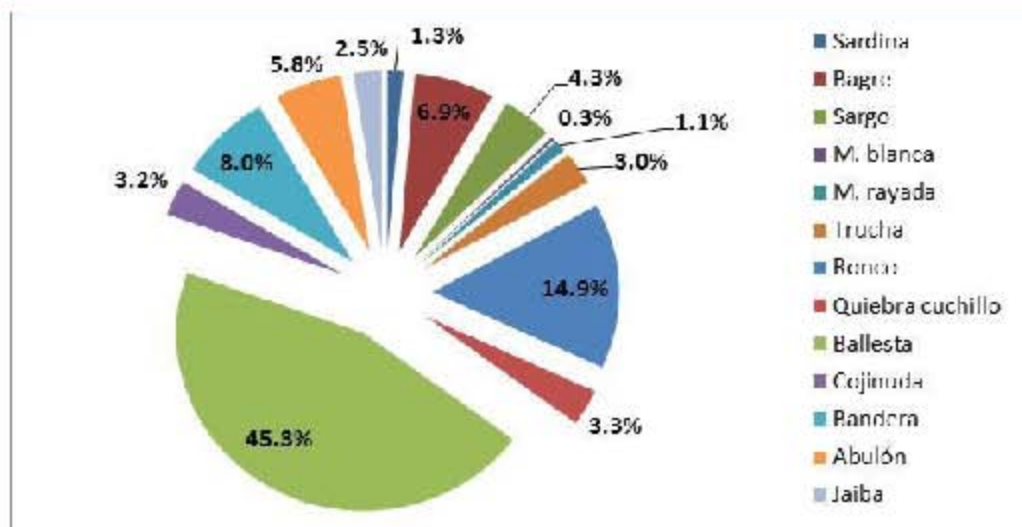
6.3.4 *Fauna ictica*

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 (Espinoso *et al.*, 1999).

La oficina de Sánchez Magallanes tiene reportado 25 especies de recursos pesqueros, destacando especies del género *Scomberomorus*, en el caso de las zonas de influencia marina del Área Contractual 1; y para los cuerpos de agua continental (Sistema Lagunar El Carmen - Machona) se ha reportado la “lisa”, la “mojarra” y el “róbalo”, y en invertebrados comerciales: “jaiba”, “ostión”, “almeja” y “caracol” (CONAPESCA, 2015).

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria se registraron 11 especies de peces y 03 especies de invertebrados marinos: “bagre” *Ariopsis felis*, “bandera” *Bagre marinus*, “bota” *Ballistes capriscus*, “cojinuda” *Carangoides bartholomaei*, “mojarra blanca” *Diapterus auratus*, “mojarra rayada” *Eugerres plumiere*, “quiebra cuchillo” *Oligoplites* sp., “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “sardina” *Harengula jaguana*, “sargo” *Archosargus probatocephalus* y “trucha pintada” *Cynoscion nebulosus*; con respecto a los invertebrados comerciales se identificaron: el “abulón” *Melongena melongena*, el “ostión” *Crassostrea virginica* y la “jaiba azul” *Callinectes sapidus*. (Ver Apéndice 6.19).

La distribución porcentual de las capturas de pesca exploratoria del Área Contractual 1 se distribuyó de la siguiente manera; 45.3% estuvo representando a la “ballesta”, 14.9% para el “ronco”, 8.0% para la “bandera”, 6.9% para el “bagre” y las demás especies registraron porcentajes inferiores al 6% de la composición porcentual. (Ver Gráfica 6.47).



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.47 Composición porcentual de las especies capturadas en la pesca exploratoria del Área Contractual 1.

6.3.4.1 Pesca Exploratoria Marina

Las evaluaciones de pesca exploratoria marina correspondiente al área del proyecto consistió en actividades de pesca en tres estaciones (A-3, M-2 y T-3) correspondiente cada una a los campos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoalli-1 en el área del Proyecto. Adicionalmente se evaluó una cuarta estación, cercana a la estación T3 y paralela a la costa, denominada E-4. Las evaluaciones se llevaron a cabo los días 6 y 7 de abril de 2015.

A continuación se detallan las actividades y hallazgos de la pesca exploratoria en las cuatro estaciones mencionadas y las condiciones ambientales para cada día de evaluación:

Pesca exploratoria Día 1

El miércoles 6 de abril se realizó la evaluación de pesca exploratoria en las estaciones M-2 y A-3 del Área Contractual 1, previa charla de seguridad se procedió a zarpar de Sanchez Magallanes a las 7:00 a.m.

Las condiciones ambientales para el primer día de pesca exploratoria oscilaron entre un mar rizado (Escala Douglas), con presencia de vientos de 5.7 nudos; a una marejadilla (Escala Douglas), con vientos de 10.2 nudos (ver Tabla 6.22).

Tabla 6.22 Condiciones ambientales en las estaciones M-2 y A-3 del Área Contractual 1.

Estación	Velocidad del viento	Estado del mar (Escala Douglas)	Hora cala de aparejos de pesca
M-2	10.2 nudos	Marejadilla	08:00 a.m.



<i>Estación</i>	<i>Velocidad del viento</i>	<i>Estado del mar (Escala Douglas)</i>	<i>Hora cala de aparejos de pesca</i>
A-3	5.7 nudos	Rizada	11:10 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

Estación M-2

La primera estación evaluada fue M-2, ubicada aproximadamente a 0.3 millas náuticas al sur del Pozo Miztón-1, la cual registró una profundidad de 32.3 m. Durante la faena de pesca se registraron las siguientes condiciones ambientales; el estado del mar presentó olas de 0.25 a 0.5 m (según la Escala Douglas: Mar en Marejadilla), vientos de 10.2 nudos (Escala Beaufort: 3) y cielo despejado (0/8 octavas).

Se arribó a la estación M-2 a las 8:00 a.m., y se calaron las redes agalleras a las 8:20 a.m. Posteriormente y con dirección norte se desplegó el espinel de profundidad, compuesto por 120 anzuelos del no. 6; es preciso indicar que estas artes de pesca son utilizadas comúnmente por los pescadores de Sánchez Magallanes.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas para ambas artes de pesca, las redes fueron levantadas a las 9:30 a.m. y el espinel a las 10:15 a.m., el detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presenta en la Tabla 6.23.

Tabla 6.23 Ubicación y horas de cala en la estación M-2 del Área Contractual 1.

<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
<i>Red inicio</i>	417270	2034370	08:20 a.m.
<i>Red final</i>	417454	2034533	09:30 a.m.
<i>Espinel inicio</i>	417273	2034619	08:45 a.m.
<i>Espinel final</i>			10:15 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

Es preciso indicar que el “tren” de redes agalleras experimentó un desplazamiento de casi 250 m, debido a la modalidad pasiva del aparejo, el arreglo de redes fue desplegada a la deriva a nivel superficial de la estación M-2. Mientras que el espinel fue sujetado por “grampines” al inicio y término de la línea principal (en las coordenadas de la tabla anterior); para efectos de la carnada para el espinel, se empleó bonito congelado.

El “tren” de redes agalleras de 2 y 3 pulgadas de diámetro de malla no reportó especies capturadas al término del período de cala, a pesar de estimar una relativa cercanía con las zonas costeras (4 millas náuticas), y considerar el fondo duro como hábitat propicio para una elevada diversidad íctica, y cercanía a las lagunas



costeras de El Camen y la Machona, que podrían indicar una mayor diversidad de la fauna íctica.

En el caso de la cala del espinel de profundidad, se reportó la captura de una “bota” *Ballistes capriscus*, también conocido como “pejepuerco” o “pez ballesta”, este ejemplar obtuvo una longitud total de 60 cm, una longitud a la horquilla de 47 cm y un peso total de 2,594 g, según la escala de madurez sexual de Holden & Raitt, 1975; esta “bota” sería una hembra en la fase IV, en estado maduro; lo ovarios ocuparon casi toda la cavidad abdominal, observando la presencia de ovocitos grandes e identificables a simple vista, de color naranja rosáceo con los vasos sanguíneos superficiales visibles.

El “pez ballesta” fue descrito por Gmelin en 1789. Esta especie, también ha sido reportada para el norte del Golfo de México. Habita en bahías, puertos, lagunas y en los arrecifes protegidos de las corrientes marinas. Se alimenta de invertebrados bénticos como moluscos y crustáceos. Su talla máxima es de 60 cm. El cuerpo es oval, muy comprimido lateralmente y alto, su piel es coriácea. La boca es pequeña con los labios carnosos y provistos de 8 dientes incisivos muy fuertes. Aparece en todo tipo de fondos, praderas, zonas rocosas y, principalmente, arenosas entre los 10 y 100 m de profundidad (Fishbase, 2016).

Estación A-3

Aproximadamente a las 11:00 a.m. se arribó a la estación A-3 del área contractual 1, la cual se ubicaría a casi 2 millas náuticas del Pozo Amoca-1, en esta estación se registró una profundidad de 16.5 m. Durante la faena de pesca se reportaron las siguientes condiciones ambientales; el estado del mar presentó olas de 0 a 0.25 m (según la Escala Douglas: Mar Rizada), vientos de 5.7 nudos (Escala Beaufort: 2) y cielo ligeramente nublado (1/8 octavas).

Las redes agalleras fueron instaladas a las 11:10 a.m., posteriormente y con dirección noreste se desplegó el espinel de profundidad, compuesto por 120 anzuelos del no. 6.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas para ambas artes de pesca, las redes fueron levantadas a las 12:05 a.m. y el espinel a las 12:20 a.m., el detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presenta en la Tabla 6.24

Tabla 6.24 Ubicación y horas de cala en la estación A-3 del Área Contractual 1.

<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
<i>Red inicio</i>	410261	2025928	11:10 a.m.
<i>Red final</i>	410603	2026032	12:05 p.m.
<i>Espinel inicio</i>	410668	2026284	11:20 a.m.
<i>Espinel final</i>			12:20 p.m.

Fuente: ERM, 2016.



Es preciso indicar que el “tren” de redes agalleras experimentó un desplazamiento de casi 300 m, debido a la modalidad pasiva del aparejo, el arreglo de redes fue desplegada a la deriva a nivel superficial de la estación A-3. Mientras que el espinel fue sujetado al fondo marino en el punto de muestreo mediante el uso de “grampines”. La carnada utilizada para la pesca con el espinel, fue bonito congelado.

El “tren” de redes agalleras de 2 y 3 pulgadas de diámetro de malla no reportó especies capturadas para la estación A-3, a pesar de estimar una relativa cercanía con las zonas costeras (casi 1 milla náutica), y considerar los tipos de fondo como hábitat propicios para una mayor diversidad íctica, de manera similar a la estación de muestreo anterior.

Entre los factores que pueden influir en la escasez de recursos pesqueros en la zona, se puede mencionar la cercanía de las áreas de pesca para la flota artesanal instalada en los caladeros de Sanchez Magallanes, lo cual facilita un desplazamiento en menor tiempo y con mayor esfuerzo pesquero (sobrepesca) de toda la comunidad pesquera. Durante la evaluación de la estación A-3, se observó la presencia de “toninas”, lo cual puede indicar la menor presencia de cardúmenes de peces en la proximidades de A-3, dos individuos de la especie *Tursiops truncatus* aproximadamente a 250 m al noroeste del tren de redes (410023 E, 2026185 N), indicando un potencial impacto disuasivo sobre los cardúmenes de peces.

Las interacciones en las capturas de peces con grupos de mamíferos marinos en el Golfo de México se ha reportado con anterioridad, presentándose inclusive capturas incidentales de estas “toninas”.

Las artes de pesca en las que ocurren capturas incidentales y las especies involucradas son: redes agalleras (toninas, delfín moteado del Atlántico, delfín moteado pantropical), redes de arrastre (toninas), entre otras. En ocasiones los pescadores atacan a los cetáceos para evitar que se alimenten de las peces que han capturado y para que no dañen sus redes de pesca (INECC-SEMANART, 2004).

Los resultados del espinel fueron positivos para la estación A-3, se capturaron 2 especies pesqueras, una “cojinuda” *Carangoides bartholomaei* y una “bandera” *Bagre marinus*, ambas han sido registradas por la Carta Nacional Pesquera de México.

La “cojinuda” se encuentra asociada a cardúmenes de “sierras” y “petos”, se tienen registros de la captura de esta especie con redes de ermalle de 3 ½ a 5 pulgadas de malla, curricán, líneas de mano y palangre (espinel), sus tallas de pesca oscilan entre los 50 a 100 cm de longitud total (Biodiversidad, 2016); mientras que para la presente evaluación se capturó un ejemplar juvenil de 26.0



cm de longitud total y un peso de 183 g Debido a la condición de la “cojinuda”, especie juvenil, no se identificó la madurez sexual (Holden & Raitt, 1975), catalogando el ejemplar como indeterminado.

La “bandera” es una especie predominantemente marina, también habita estuarios y manglares a profundidades menores de los 50 metros. Se alimenta de pequeños peces e invertebrados. Desova de mayo a agosto en la zona norte del Golfo de México. La distribución geográfica de esta especie en el Golfo de México abarca las Zonas I y II, y se encuentra asociada a cardúmenes de “bagres”, “róbalos” y “lisas”.

Las tallas de captura de la bandera oscilan entre los 25 a 70 cm de longitud total (Biodiversidad, 2016); mientras que para la presente evaluación se capturó un ejemplar adulto de 38.0 cm de longitud total y un peso de 460.0 g la Carta Nacional Pesquera recomienda la talla mínima de captura de la “bandera” en 47 cm de longitud total.

Según la escala de madurez sexual de Holden & Raitt, 1975; esta individuos de la especie “bandera” sería un ejemplar macho en fase II, es decir, en estado de recuperación; ocupando los testículos el 50% de la cavidad abdominal, y presentando una simetría ambos testículos y una coloración blanquecina. La pesquería de “bandera” en Tabasco y Campeche se encuentra en aprovechamiento máximo permisible, en el resto de los estados de México se desconoce.

Se capturaron 3 especies en el primer día de pesca exploratoria (estaciones M-2 y A-3), las cuales sumaron 3,237 g las especies fueron: “bota” (familia: Balistidae), “bandera” (familia: Ariidae) y “cojinuda” (familia: Carangidae), las últimas 2 especies fueron reportadas para la estación A - 3 (ver Tabla 6.25).

Tabla 6.25 Especies registradas en las estaciones M-2 y A-3 del Área Contractual 1.

Nombre Común	Nombre Científico	Estación/Profundidad
Bota	<i>Ballistes capriscus</i>	M - 2 (32.3 m)
Bandera	<i>Bagre marinus</i>	A - 3 (16.5 m)
Cojinuda	<i>Carangoides turtholomaei</i>	A - 3 (16.5 m)

Fuente: ERM, 2016

Es preciso mencionar el avistamiento de flota artesanal de Sanchez Magallanes pescando “sierra” *Scomberomonus maculatus* en las cercanías de la estación A-3, se registró una embarcación artesanal con 3 tripulantes pescando en las coordenadas 410607 E y 2025849 N.



Pesca exploratoria Día 2

El jueves 7 de abril se realizó la segunda evaluación de pesca exploratoria en las estaciones T-3 y E-4, esta última estación fue ubicada a 3.6 millas náuticas a sur del Pozo Tecoailli-1, previa charla de seguridad se procedió a zarpar de Sanchez Magallanes a las 7:10 a.m.

Las condiciones ambientales para el segundo día de pesca exploratoria variaron entre un mar rizado (Escala Douglas), con presencia de vientos de 0.5 nudos; a una marejadilla (Escala Douglas), con vientos de 7.7 nudos. (Ver Tabla 6.26).

Tabla 6.26 Condiciones ambientales en las estaciones T-3 y E-4 del Área Contractual 1

<i>Estación</i>	<i>Velocidad del viento</i>	<i>Estado del mar</i>	<i>Hora cala</i>
T-3	7.7 nudos	Marejadilla	08:30 a.m.
E-4	0.5 nudos	Rizada	11:15 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

Estación T-3

La primera estación evaluada fue T-3, ubicada aproximadamente a 2.5 millas náuticas al noreste del Pozo Tecoailli-1, la cual registró una profundidad de 348 m. Durante la faena de pesca se registraron las siguientes condiciones ambientales; el estado del mar presentó olas de 0.25 a 0.5 m (según la Escala Douglas: Mar en Marejadilla), vientos de 7.7 nudos (Escala Beaufort: 3) y cielo parcialmente nublado (4/8 octavas).

Se arribó a la estación T-3 a las 8:30 a.m., y se calaron las redes agalleras a las 8:40 a.m., posteriormente y con dirección noroeste se desplegó el espinel de profundidad, compuesto por 120 anzuelos del no. 6; es preciso indicar que estos aparejos de pesca son utilizados comúnmente por los pescadores de Sánchez Magallanes.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas para ambas artes de pesca, las redes fueron levantadas a las 9:50 a.m. y el espinel a las 10:10 a.m., el detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presenta en la Tabla 6.27

Tabla 6.27 Ubicación y horas de cala en la estación T-3 del Área Contractual 1

<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
<i>Red inicio</i>	428884	2043170	08:40 a.m.
<i>Red final</i>	428713	2043047	09:50 a.m.
<i>Espinel inicio</i>	428684	2043167	09:05 a.m.
<i>Espinel final</i>			10:10 a.m.



Fuente: ERM, 2016.

Es preciso indicar que el “tren” de redes agalleras experimentó un desplazamiento de más de 150 m, debido a la modalidad pasiva del aparejo, el arreglo de redes fue desplegado a la deriva a nivel superficial de la estación T-3. Mientras que el espinel fue sujetado al fondo marino por “grampines” al inicio y término de la línea principal del punto de muestreo, para efectos de la carnada para el espinel, se empleó bonito congelado.

El “tren” de redes agalleras de 2 y 3 pulgadas y el espinel de profundidad, no reportó capturas efectivas, aparentemente la lejanía del Sistema Lagunar El Carmen - Machona (casi 7 mn), no aportaría en la biodiversidad íctica de la zona. Asimismo, no se avistaron embarcaciones en faenas de pesca en las proximidades de la estación o en el Pozo Teccoalli-1.

Estación E-4

Se estableció una estación adicional de pesca exploratoria (E-4) como parte de la presente evaluación del Área Contractual 1, con la finalidad de comparar la fauna íctica presente en distintos veriles de profundidad, más aún si se realizaron calas en las estaciones T-3, M-2 y A-3, todas con batimetrías heterogéneas, siendo el mayor esfuerzo de muestreo en el suroeste del Área Contractual 1. La estación E-4 se localizó en las siguientes coordenadas: 429279 E y 2033147 N.

Siendo las 10:40 a.m. se arribó a la estación E-4 del Área Contractual 1, en esta estación se registró una profundidad de 18.9 m. Durante la faena de pesca se reportaron las siguientes condiciones ambientales; el estado del mar presentó olas de 0 a 0.25 m (según la Escala Douglas: Mar Rizada), vientos de 0.5 nudos (Escala Beaufort: 1) y cielo ligeramente nublado (1/8 octavas).

Las redes agalleras fueron instaladas a las 11:10 a.m., posteriormente y con dirección noreste se desplegó el espinel de profundidad, compuesto por 120 anzuelos del no. 6.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas para ambas artes de pesca, las redes fueron levantadas a las 12:05 a.m. y el espinel a las 12:20 a.m., el detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presenta en la Tabla 6.28.

Tabla 6.28 Ubicación y horas de cala en la estación E-4 del Área Contractual 1.

<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
<i>Red inicio</i>	410261	2025928	11:10 a.m.
<i>Red final</i>	410603	2026032	12:05 p.m.
<i>Espinel inicio</i>	410668	2026284	11:20 a.m.
<i>Es pinel final</i>			12:20 p.m.



Fuente: ERM, 2016.

Al término de las operaciones de pesca exploratoria, no se registraron capturas en las artes de pesca empleadas en la estación E-4, a pesar de mantener una relativa cercanía (casi 1 mn) con la costa más cercana, es probable que el aporte de fauna íctica de la boca artificial de la Laguna Machona (ubicada al este de la estación E-4) sea escasa y poco abundante, considerando aún más que en el margen costero de la barra se encuentran instaladas comunidades de pescadores (Ejido Arjona y Ejido Alacrán), que diariamente extraen los recursos pesqueros para su autoconsumo y venta local.

6.3.4.2 Pesca Exploratoria Lagunar

Con la finalidad de caracterizar la comunidad íctica de las lagunas costeras se realizaron actividades de pesca exploratoria en dos de las lagunas principales de la zona costera frente área del Proyecto.

Se establecieron dos estaciones de muestreo: una en la laguna El Carmen y la segunda en la Laguna La Machona. Las evaluaciones se llevaron a cabo el día 8 de abril de 2015.

A continuación se detallan las actividades y hallazgos de la pesca exploratoria en las cuatro estaciones mencionadas y las condiciones ambientales observadas durante la evaluación:

Pesca exploratoria Día 3

El viernes 8 de abril se realizó la tercera evaluación de pesca exploratoria en las estaciones LC-1 (Laguna el Carmen) y LM-1 (Laguna Machona), ambas estaciones correspondientes al Sistema Lagunar Carmen - Machona de Sanchez Magallanes. Previa charla de seguridad se zarpó a las 7:30 am.

Las condiciones ambientales para el tercer día de pesca exploratoria estuvieron muy similares en ambas estaciones, reportando vientos de 1.5 y 3.4 nudos; según la Escala Douglas se presentó un mar rizado, con olas de hasta 0.25 m. (Ver Tabla 6.29).

Tabla 6.29 Condiciones ambientales en las estaciones LC-1y LM-1 del Área Contractual 1.

Estación	Velocidad del viento	Estado del mar	Hora cala
LC-1	1.5 nudos	Rizada	09:10 a.m.
LM-1	3.4 nudos	Rizada	11:50 a.m.

Fuente: ERM, 2016.



Estación LC-1

La primera estación evaluada fue LC-1 (correspondiente a la Laguna del Carmen), ubicada aproximadamente a 6 millas náuticas al este de la zona de embarque en Sanchez Magallanes. Se eligió esta estación por la relevancia ecológica del Sistema Lagunar Carmen - Machona, principalmente por el aporte de especies pesqueras provenientes del río San Felipe, las cuales desembocarían a las zonas costeras por la boca de Santa Ana (suroeste de la Laguna del Carmen). Además, es preciso indicar que esta laguna, sumado a Pajonal y Machona son las principales lagunas costeras que albergan las mayores densidades poblacionales del "ostión" *Crassostrea virginica* en Tabasco.

La estación LC-1 reportó una profundidad media de 1.4 m y las condiciones ambientales reportadas fueron: el estado del mar se presentó rizado (Escala Douglas), se obtuvo vientos de 1.5 nudos en las primeras horas de la mañana, correspondiéndole una categoría de " 1" según la Escala Beaufort y el cielo se observó nublado (7/8 octavas).

Se arribó a la estación LC-1 a las 8:40 a.m., y se calaron las redes agalleras a las 9:10 a.m., posteriormente y con dirección sureste se realizaron calas con atarraya y cordel-anzuelo, en razón de constituir los aparejos más utilizados para estos cuerpos de agua lacustres, además la profundidad en la laguna no permite desplegar los espineles de profundidad.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 1 hora para la red agallera y en el caso de la atarraya, se efectuaron 10 lances al azar en los alrededores de la estación LC-1, totalizando un tiempo de 20 minutos; la pesca con cordel y anzuelo se realizó en las proximidades de la estación, en un tiempo de 10 minutos. El detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presentan en la Tabla 6.30.

Tabla 6.30 Ubicación y horas de cala en la estación LC-1 del Área Contractual 1.

<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
Red agallera	419743	2021936	09:10 a.m.
Atarraya 1	419607	2022002	09:15 a.m.
Atarraya 2	419604	2021861	09:18 a.m.
Atarraya 3	419663	2021674	09:20 a.m.
Atarraya 4	419802	2021551	09:24 a.m.
Atarraya 5	419927	2021472	09:26 a.m.
Atarraya 6	419943	2021426	09:30 a.m.
Atarraya 7	420122	2021374	09:32 a.m.
Atarraya 8	420280	2021249	09:35 a.m.
Atarraya 9	420369	2021206	09:37 a.m.
Atarraya 10	420511	2021174	09:40 a.m.



<i>Cala</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Hora</i>
Cordel	419789	2021844	10:10 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

Los resultados de la estación LC-1 resultaron positivos, se identificaron 5 especies pesqueras; “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “sardina” *Harengula jaguana*, “bagre” *Ariopsis felis*, “jaiba azul” *Callinectes sapidus* y “abulón” *Melongena melongena*. Las familias involucradas fueron: Ariidae (bagre), Sciaenidae (ronco amarillo), Clupeidae (sardina), Melongenidae (abulón) y Portunidae (jaiba azul).

La red agallera (5 especies) reportó una mayor diversidad con respecto a la atarraya (1 especie), básicamente por el incremento del esfuerzo pesquero y el área vertical de pesca que representa la red, considerando la profundidad media de 1.4 m en la zona de evaluación, en tanto que la atarraya tiene un área de pesca reducida (3 m²) y un esfuerzo menor que la red agallera. En el caso de la pesca con cordel y anzuelo, no se registraron capturas para la estación LC-1.

El “ronco amarillo” es una especie reportada para la Zona II y III del Golfo de México, asociada a cardúmenes de “trucha de mar” (Carta Nacional Pesquera, 2012). Se reportan capturas con los siguientes aparejos de pesca: chinchorro playero, red agallera para esteros y línea de costa y red agallera para escama pelágica. Se han reportado individuos entre 20 y 30 cm (Biodiversidad, 2016). Durante la presente evaluación se han reportado ejemplares entre 17 y 22 cm de longitud total, siendo el promedio por individuo 18 cm, evidenciando una cohorte de peces juveniles; respecto al peso promedio, estos oscilan entre 56 y 101 g, reportando un promedio de 72 g/individuo.

El cardumen de “roncos” capturados corresponde a una cohorte adulta, en un 43% machos, 43% hembras y 14% de género indeterminado, según la escala Holden & Raitt, 1975; el 100% de los individuos se encontraría en la fase II, estado de madurez sexual en recuperación, caracterizado por presentar los ovarios y testículos cerca del 50% de la cavidad abdominal, con presencia de ovarios rosáceos y testículos blancuzcos, más o menos simétricos, huevos a simple vista.

La “sardina”, conocida también como “sardina escamuda”, es una especie reportada para el Golfo de México por la Carta Nacional Pesquera, y se encuentra asociada a cardúmenes de “huachinangos” y “pargos”; en otras latitudes de México (como Yucatán) es empleada como carnada para la flota dedicada a la pesca del “mero”. Las “sardinias” también constituyen parte importante de la dieta de aves marinas y lacustres, las cuales se ubicarían en las zonas del “pajal” (417274 E y 2024517 N), localizado en el área del mangle, sección interna de la barra de arena. Se ha reportado la captura de “sardina” con los siguientes aparejos de pesca; chinchorro playero, red agallera para escama pelágica y red agallera para escama de fondo. Las tallas de captura reportadas varían entre 12 y



21 cm, el individuo capturado reportó una talla de 19 cm y un peso de 77 g se determinó un ejemplar hembra, en la fase IV de la escala de madurez sexual y en un estado de gónadas maduro, con características externas de ovarios rosáceos y vasos sanguíneos superficiales visibles.

El “bagre”, es una especie que habita en sistemas estuarinos; la Carta Nacional Pesquera reporta su presencia en las Zonas I y II del Golfo de México. Se registra su captura con redes de ermalle, atarraya, líneas de mano y palangre para zonas marinas. Los dos individuos capturados con la red agallera obtuvieron una talla promedio de 19 cm y un peso de 61 g. Ambos ejemplares presentaron un estado de madurez sexual indeterminado.

Las otras 2 especies de recursos pesqueros, “abulón” y “jaiba azul”, corresponden al grupo de invertebrados comerciales del sistema lagunar, aunque la primera especie más asociada a los bancos ostrícolas de la *Crassostrea virginica* (ostión) (Mazón-Suástegui J.M. *et al.*, 2009). Estos organismos integran parte de la red trófica bentónica y pelágica de estos ambientes (Newell, 1988).

El “abulón” o “caracol negro”, es una especie de la familia Melongenidae, su concha es globosa con abertura amplia, variable en tamaño y espinas, con 2 y hasta 4 líneas negras o blancas sobre la concha, presenta un canal sifonal corto, opérculo caloso, con variedad de colores externos de blanco, negro, gris, azul y café. Esta especie ha sido reportada por la Carta Nacional Pesquera, para los estados de Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Veracruz; su extracción en las lagunas de El Carmen y Machona es ocasional con las redes camarónicas. En las actividades de pesca exploratoria se registró la captura de un individuo con un peso total de 335 g y 13 cm de longitud peristomal (medida desde el ápice o ápex hasta el borde del canal ostional).

El “abulón” reporta una importancia económica para la Península de Yucatán por sus significativos volúmenes de captura, junto con otra especie como la “chivita” *Melongena corona bispinosa*; actualmente, y junto con otras especies de invertebrados comerciales forma parte de un Plan de Manejo Pesquero del litoral del Estado de Campeche (DOF, 25-03-2014).

La “jaiba azul” *Callinectes sapidus*, es una especie de la familia Portunidae, que habita en lagunas costeras, estuarios y zonas costeras del Golfo de México; es capturada empleando una embarcación menor de fibra de vidrio con motor fuera de borda y/o panga de madera con remos, de 1 a 2 pescadores, empleando 80 a 200 aros jaiberos y/o 100 a 200 trampas, la talla comercial de la jaiba exige capturar individuos de 110 mm de ancho cefalotorácico (DOF, 18-10-14), el ejemplar capturado obtuvo un ancho de 90 mm y un peso de 63 g. La composición de la captura por especies de jaiba es: en la región norte 63% de “jaiba azul” *Callinectes sapidus* y 34 % de “jaiba prieta” *Callinectes rathbunae*



(Palacios, 1999); mientras que en la región sur es: 51% de “jaiba prieta” *C. rathbunae* y 49% de “jaiba azul” *C. sapidus* (Loran, *et al.*, 1993).

Estación LM-1

La última estación evaluada como parte de la pesca exploratoria del Área Contractual 1 fue la estación LM-1 (correspondiente a la Laguna Machona), ubicada aproximadamente a 15 millas náuticas al este de la zona de embarque en Sanchez Magallanes. Se eligió esta estación por la relevancia ecológica del Sistema Lagunar Carmen - Machona, principalmente por el aporte de especies pesqueras provenientes del río Santana, las cuales desembocarían a las zonas costeras por la boca de panteones (noreste de la Laguna Machona). Además, es preciso indicar que esta laguna, sumado a Pajonal y Machona son las principales lagunas costeras que albergan las mayores densidades poblacionales del “ostión” *Crassostrea virginica* en Tabasco.

La estación LM-1 reportó una profundidad media de 1.7 m y las condiciones ambientales reportadas fueron: el estado del mar se presentó rizado (Escala Douglas), se obtuvo vientos de 3.4 nudos en las primeras horas de la mañana, correspondiéndole una categoría de “1” según la Escala Beaufort y el cielo se observó nublado (7/8 octavas).

Se arribó a la estación LC-1 a las 11:00 a.m., y se calaron las redes agalleras a las 11:05 a.m; posteriormente y con dirección oeste se realizaron calas con atarraya y cordel-anzuelo. Se utilizaron estas últimas artes de pesca en razón de representar los aparejos más utilizados para cuerpos de agua lacustres, además la profundidad en la laguna no permite desplegar los espineles de profundidad.

El tiempo de esfuerzo se totalizó en 1 hora para la red agallera y en el caso de la atarraya, se efectuaron 10 lances al azar en los alrededores de la estación LM-1, totalizando un tiempo de 20 minutos. La pesca con cordel y anzuelo se realizó en las proximidades de la estación LM-1, en un tiempo de 10 minutos, el detalle de las ubicaciones y el tiempo de esfuerzo se presenta en la Tabla 6.31.

Tabla 6.31 Ubicación y horas de cala en la estación LM-1 del Área Contractual 1.

Cala	Este	Norte	Hora
Red agallera	433590	2026480	11:05 a.m.
Atarraya 1	433644	2026263	11:15 a.m.
Atarraya 2	433682	2026156	11:17 a.m.
Atarraya 3	433739	2026085	11:20 a.m.
Atarraya 4	433631	2026115	11:24 a.m.
Atarraya 5	433523	2026184	11:26 a.m.



Cala	Este	Norte	Hora
Atarraya 6	433408	2026267	11:28 a.m.
Atarraya 7	433338	2026319	11:31 a.m.
Atarraya 8	433251	2026402	11:33 a.m.
Atarraya 9	433141	2026471	11:35 a.m.
Atarraya 10	433088	2026556	11:38 a.m.
Cordel	434026	2026938	11:42 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

Los resultados de la estación LM-1 también resultaron positivos, se identificaron 8 especies pesqueras: “jaiba azul” *Callinectes sapidus*, “sargo” *Archosargus probatocephalus*, “mojarra blanca” *Diapterus auratus*, “mojarra rayada” *Eugerres plumiere*, “trucha pintada” *Cynoscion nebulosus*, “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “quiebra cuchillo” *Oligoplites* sp. y “bagre” *Ariopsis felis*. Las familias involucradas fueron: Portunidae (jaiba azul), Sparidae (sargo), Gerreidae (mojarra blanca y rayada), Sciaenidae (trucha pintada y ronco amarillo), Carangidae (quiebra cuchillo) y Ariidae (bagre).

La red agallera (7 especies) reportó una mayor diversidad con respecto a la pesca con cordel (1 especie), básicamente por el incremento del esfuerzo pesquero y el área vertical de pesca que representa la red, considerando la profundidad media de 1.7 m en la zona de evaluación, en tanto que para la atarraya no se obtuvieron capturas en la presente jornada de pesca.

El “sargo” *Archosargus probatocephalus*, es una especie marina de hábitos costeros, habita en zonas de arrecifes, bahías y estuarios; es reportada para el Golfo de México (Carta Nacional Pesquera, 2012). Se registra asociada a cardúmenes de “trucha de mar”; se captura con los siguientes aparejos de pesca: chinchorro playero, red agallera para esteros y línea de costa y red agallera para escama pelágica. Se han reportado individuos entre 35 y 91 cm (Biodiversidad, 2016). En la presente evaluación se capturó un individuo de 27 cm de longitud total y 173 gr de peso total. Según el análisis de madurez sexual, el ejemplar correspondería al género hembra, en fase II, tratándose de una especie con estado gonadal en maduración, cuyos ovarios ocuparían la mitad de la cavidad abdominal.

La “mojarra blanca” y la “mojarra rayada”, ambas son especies de la familia Gerreidae, con hábitos muy similares, viven en ambientes de fondos fangosos, bocas de ríos y lagunas costeras; se encuentran enlistadas en la ficha de especies de interés comercial de escama del Golfo de México (Carta Nacional Pesquera, 2012), asociadas a cardúmenes de “lisas” o tras especies de “mojarras”, la “mojarra blanca” reporta capturas incidentales de 20 a 34 cm; en la red agallera se capturó



un ejemplar de 10 cm de longitud total y 18 gr de peso total; en el caso de la “mojarra rayada”, según la bibliografía, se reportan capturas de 18 a 40 cm de longitud, en la presente jornada de pesca se capturó un ejemplar de 17 cm y 61 g de peso total. Para ambas especies se concluye la recurrencia de cohortes juveniles en las cercanías de la estación LM-1.

La “trucha pintada” y el “ronco amarillo”, ambas son especies de la familia Sciaenidae y registradas para el Golfo de México por la Carta Nacional Pesquera. La primera especie reporta capturas entre 35 cm a 100 cm de longitud total. En la presente jornada se capturó un ejemplar de 27 cm de longitud total y 173 g de peso total, y para el caso del “ronco amarillo” se reportan capturas entre 20 a 30 cm; en la estación LM-1 se capturaron 3 ejemplares que obtuvieron una media de 22.6 cm de longitud total y un peso promedio de 1,17.3 g.

El “quiebra cuchillo” o conocido también como “zapatero” es una especie de la familia Carangidae, se encuentra enlistada en la ficha de especies de interés comercial de escama del Golfo de México (Carta Nacional Pesquera, 2012). Se encuentra distribuido en el Atlántico Occidental, abarcando zonas del norte del Golfo de México; los machos pueden alcanzar hasta 35 cm de longitud total. En las faenas de pesca exploratoria se capturaron 2 ejemplares de una talla promedio de 23 cm y un peso de 94 g. Según análisis de madurez sexual (Holden & Raitt, 1975), ambos individuos corresponderían al género macho en fase IV, presentando los testículos de color crema y ocupando las 2/3 partes de la cavidad abdominal.

El “bagre”, es una especie que habita en sistemas estuarinos; la Carta Nacional Pesquera reporta su presencia en las Zonas I y II del Golfo de México; se registra su captura con redes de ermalle, atarraya, líneas de mano y palangre para zonas marinas. en la estación LM-1 se obtuvieron 3 ejemplares que registraron una talla promedio de 21.3 cm y un peso de 91.6 g. Según el análisis de madurez gonadal, 2 individuos presentaron una estado de madurez sexual indeterminado, y para la tercera muestra se determinó el género hembra, en fase IV, ovarios ocupando las 2/3 partes de la cavidad abdominal, con coloración naranja rosáceo y vasos sanguíneos superficiales visibles.

En la estación LM-1 también se reportó la captura de una “jaiba azul”, aunque fue capturada con el cordel y anzuelo, es crustáceo obtuvo un ancho cefalotorácico de 110 mm y un peso total de 78 g.; la talla comercial de la jaiba exige capturar individuos de 110 mm de ancho cefalotorácico (DOF, 18-10-14), por lo que se infiere la presencia de poblaciones adultas de “jaiba azul” en la Laguna Machona, aunque harían falta más estudios para evidenciar resultados concluyentes.

Cabe resaltar que estos indicadores se refieren a la pesca exploratoria con la red agallera de 2 y 3 pulgadas, la atarraya de 3 m² y el cordel y anzuelo no. 6.



Los valores de diversidad relativa fueron; 8 especies/hora para la estación LM-1, 5 especies/hora para LC-1, 2 especies/hora para la estación A-3 y 1 especie/hora para la estación M-2. Estos resultados indicarían un mayor aporte de recursos pesqueros que habitan fondos blandos como el sistema lagunar el Carmen - Machona. En las estaciones próximas al Pozo Tecoalli-1 no se registraron especies, indicando ausencia de cardúmenes de tallas comerciales, debido a un mayor esfuerzo de captura de las comunidades de pescadores, o la propia dinámica costera del Área Contractual 1; inclusive los valores de diversidad resultaron muy bajos para las estaciones del Pozo Miztón-1 y Amoca-1. En conclusión, a razón de los resultados de pesca exploratoria no se reportan diversidades significativas para las zonas marino costeras del Área Contractual 1, en contraste con los importantes indicadores del Sistema Lagunar el Carmen - Machona.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se consideró representativa para la "ballesta", el "ronco amarillo" y la "bandera", registrándose 2,594, 856 y 460 g/h respectivamente. Las demás especies obtuvieron valores inferiores a los 250 g/h, las 3 especies estarían influenciados por el tamaño de los individuos capturados (ballesta) y por la abundancia de los individuos (ronco amarillo).

Con respecto a las tallas de captura reportadas; la "ballesta" registró una longitud máxima de 60.0 cm y la "bandera" reportó una longitud de 38.0 cm, ambas especies pescadas en estaciones marinas, el resto de especies obtuvieron tallas de captura por debajo de los 30.0 cm, evidenciando mejores condiciones de desarrollo en cuerpos de agua netamente marinos, en tanto que en los cuerpos lagunares o de composición mixohalina (sumado a la batimetría reducida y menor flujo de corrientes y mareas), las condiciones no permiten un mayor crecimiento morfológico de los recursos pesqueros; adicionalmente, existen otras causas que inhiben estos procesos biológicos, como la sobreexplotación y depredación de los mismos.

Todas las especies se encuentran incluidas en la última Carta Nacional Pesquera de México, así como en el registro de la mayoría de especies en la Zona I, II y III del Golfo de México.

No se reportaron capturas de especies acuáticas amenazadas, en peligro de extinción o con algún nivel de protección ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010) (Tabla 6.32).

Tabla 6.32 *Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 1.*

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Ballesta</i>	<i>Bandera</i>	<i>Cojinuda</i>	<i>Mojarra blanca</i>	<i>Mojarra rayada</i>
Abundancia Relativa	Nº individuos/hora	1	1	1	1	1

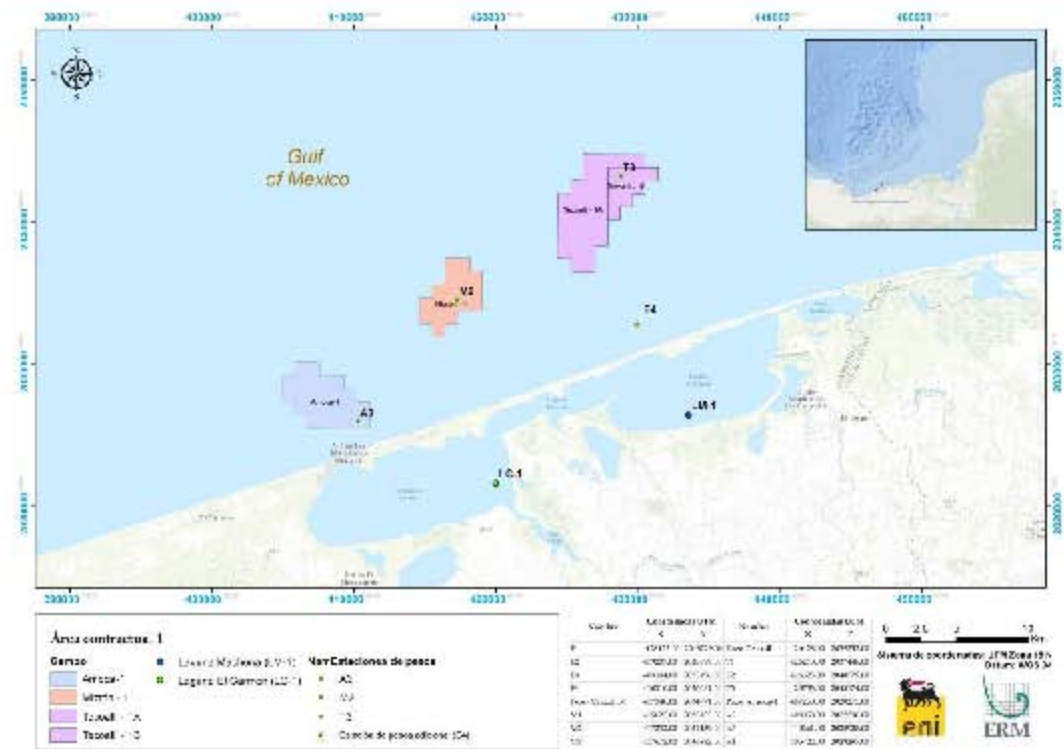


<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Ballesta</i>	<i>Bandera</i>	<i>Cojinuda</i>	<i>Mojarra blanca</i>	<i>Mojarra rayada</i>
Biomasa de Capturas (CPUE)	g/hora	2594.0	460.0	183.0	18.0	61.0
Talla de Capturas	Longitud prom/individuo	60.0	38.0	26.0	10.0	17.0
Peso de Capturas	Peso promedio/individuo	2594.0	460.0	183.0	18.0	61.0
<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Quebrera cuchillo</i>	<i>Ronco amarillo</i>	<i>Sardina</i>	<i>Sargo</i>	<i>Trucha pintada</i>
Abundancia Relativa	N° individuos/hora	2	5	1	1	1
Biomasa de Capturas (CPUE)	g/hora	188.0	856.0	77.0	248.0	173.0
Talla de Capturas	Longitud prom/individuo	23.0	18.9	19.0	23.0	27.0
Peso de Capturas	Peso promedio/individuo	94.0	72.0	77.0	248.0	173.0
<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>M-2</i>	<i>A-3</i>	<i>LC-1</i>	<i>LM-1</i>	
Diversidad Relativa	N° especies/hora	1	2	5	8	

Fuente: ERM, 2016

Durante las actividades de campo, se sostuvieron conversaciones con algunos pescadores del área, e indicaron que no tienen un área determinada de pesca, sin embargo, pueden navegar mayores distancias, incluso hasta las 27 millas náuticas de la costa (ver Figura 6.29).

De acuerdo a las evaluaciones *in situ*, se comprobó la presencia de pescadores artesanales en los alrededores de Amoca (estación A-3. Mientras que en los pozos Miztón 1 (estación M-2) y Tecoailli 1B (estación T3) no se avistaron embarcaciones artesanales.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.29 Ubicación del Área de pesca exploratoria en el Área Contractual 1

6.3.5 Aves Marinas

Las aves marinas son un componente clave de los ecosistemas marinos y el monitoreo adecuado de sus poblaciones proporciona información importante para su conservación (Schreiber y Burger, 2002).

Las aves marinas tienen una amplia distribución en los ambientes marinos; algunas especies son pelágicas y pasan gran parte de su vida en mar abierto e islas oceánicas, otras se les conoce como aves marinas costeras y permanecen casi la totalidad de su tiempo en el límite de la plataforma continental, llegando a incursionar mar adentro solo para obtener su alimento (Schreiber y Burger, 2002).

El Golfo de México es un área de gran diversidad de especies de aves y zona importante en las rutas migratorias del Este del continente americano. En el Golfo existen 228 especies de aves, de las cuales 50 (22.3%) son marinas, 112 (50%) acuáticas y 62 (27.7%) terrestres. Las marinas obtienen su alimento principalmente del mar, las terrestres se alimentan básicamente de recursos terrestres y las acuáticas son las acuáticas-playeras que obtienen su alimento del medio acuático en la zona costero-marina (INE-SEMARNAT, 2004).



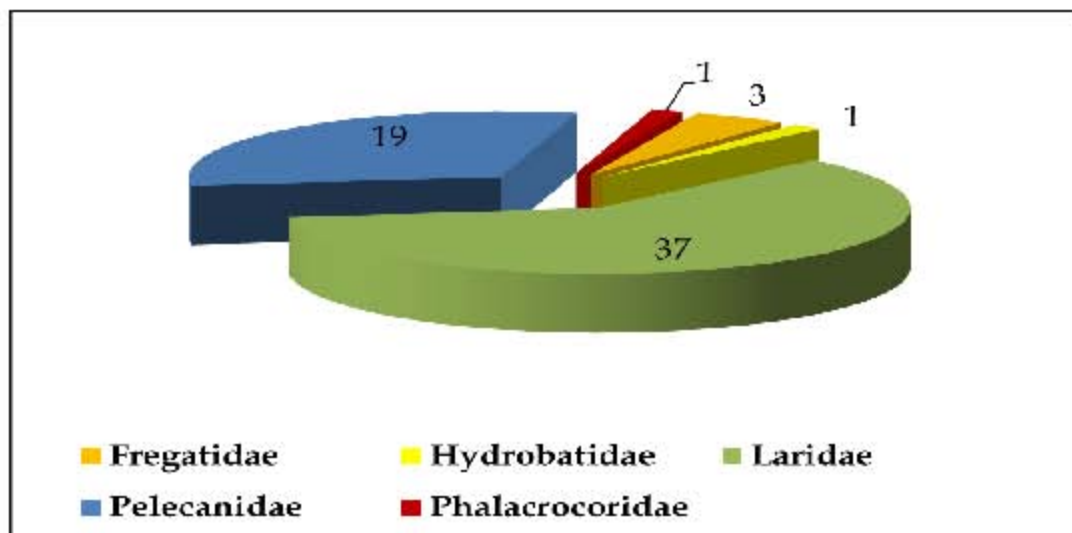
Se recorrieron 84 millas náuticas (mn), 69 de las cuales corresponden a observaciones durante sesiones de avistamientos y 25 a observaciones fuera de sesión. Solo en 17 mn se obtuvieron registros de aves; no se registraron aves en las observaciones fuera de sesión. Se determinó 18 avistamientos efectivos y un total de 61 individuos correspondientes a 07 especies agrupadas en 05 familias y 04 órdenes taxonómicos, tal como se observa en la Tabla 6.33.

Tabla 6.33 *Aves registradas en el Área Contractual 1*

Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregatta magnificens</i>	4.92	4.92
Suliformes	Phalacrocoridae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1.64	1.64
Procellariiformes	Hydrobatidae	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	1.64	1.64
Charadriiformes	Laridae	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	1.64	60.66
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus argentatus</i>	1.64	
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus atricilla</i>	57.38	
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	31.15	31.15

Fuente: ERM, 2016

Durante la evaluación, las familias Laridae y Pelecanidae fueron las más numerosas. Las especies con mayor número de registros fueron la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), seguida del “pelicano” (*Pelecanus occidentalis*), tal como se observa en la Gráfica 6.48.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.48 *Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 1*



6.3.5.1 Ubicación y distribución de las especies registradas

Las cinco especies observadas ocurren en el Golfo de México y están distribuidas en distintos tipos de hábitat. Por ejemplo, “paño de Leach” *Oceanodroma leucorhoa* es una especie pelágica, sin embargo, durante el verano es asociada a zonas costeras. Las especies como la “gaviota reidora” *Leucophaeus atricilla*, la “gaviota plateada” *Larus argentatus*, el “charrán de sandwich” *Thalasseus sandwicensis*, “pelicano café” *Pelecanus occidentalis*, la “fragata tijereta” *Fregatta magnificens* y el “pato buzo” *Phalacrocorax brasilianus* 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 (ver Tabla 6.34 y Figura 6.30).

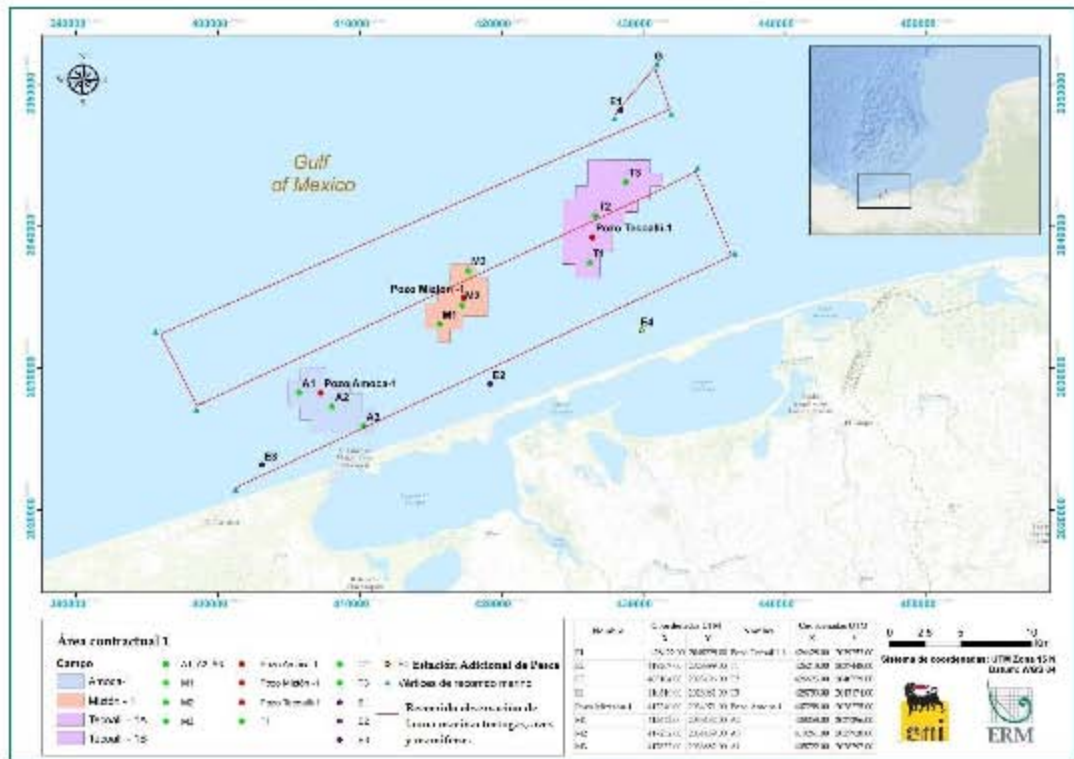
Tabla 6.34 Aves registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México

Especie	Autor	Año	Habitat-Biología
<i>Fregata magnificens</i>	Mathews	1914	playa y costa; pelágico; islas
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Gmelin	1789	bahía y cercano a la costa; estuarino; islas
<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	Kuhl	1820	Pelágico, cerca de la costa en verano.
<i>Thalasseus sandwicensis</i>	Latham	1787	playa y costa; bahía y cercano a la costa; islas
<i>Larus argentatus</i>	Pontoppidan	1763	bahía y cercano a la costa; playa y costa; estuarino
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Linnaeus	1758	bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Linnaeus	1766	playa y costa; bahía y cercano a la costa; islas

Fuente: ERM, 2016

6.3.5.2 Diversidad de especies registradas

Del análisis de diversidad de los registros de aves, se obtuvo los valores para los siguientes índices: Shannon y Wiener ($H' = 1.587$ bits/individuos) y Equidad de Pielou ($J = 0.565$), este último corrobora la mayor abundancia de dos especies en la zona, *Leucophaeus atricilla* y *Pelecanus occidentalis*. Por otro lado, el índice de Margalef ($DMG = 1.460$), indicaría que la riqueza de especies es baja en dicha área evaluada.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.30 Distribución de especies registradas

La relación de aves marinas que ocurren en el Golfo de México se adjunta en el Apéndice 6.20

6.3.5.3 Categoría de conservación

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las siete especies de aves registradas se encuentra incluida en alguna categoría de protección. Cabe destacar que en estatus de Peligro de Extinción (P) se incluyen 20 especies de las cuales 14 de ellas son residentes. En la categoría para especies sujeta a Protección Especial (Pr) se incluyen 12 especies, en el estatus de especies Amenazadas (A) se consideran 55 especies y como especies Raras (R) se registran 93 especies.

En las listas Internacionales, la lista de la UICN incluye a todas las especies de aves registradas en el área de evaluación en la categoría de especies 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 está incluida, 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 6.35, se detalla el estado de conservación nacional e internacional de las especies registradas en el Área Contractual 1:

Tabla 6.35 *Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 1*

<i>Especie</i>	<i>Nombre común</i>	<i>NOM-59</i>	<i>UICN</i>	<i>Endemismo</i>
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata tijereta	SC	LC	No
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Pato buzo	SC	LC	No
<i>Ocyrhynchus leucorhynchus</i>	Paíño de Leach	SC	LC	No
<i>Thalasseus sandwicensis</i>	Charrán de sandwich	SC	LC	No
<i>Larus argentatus</i>	Gaviota plateada	SC	LC	No
<i>Leucophaea atricilla</i>	Gaviota reidora	SC	LC	No
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelícano marrón	SC	LC	No
Nota: Sin Categoría (SC). Preocupación menor (LC)				

Fuente: ERM, 2016

La zona costera correspondiente al área del Proyecto no registra ninguna área protegida. El área del Proyecto se encuentra aproximadamente a 1.8 km del área costera y del complejo de Lagunas del Carmen, Laguna El Pajonal y Laguna de la Machona. En el área del Proyecto no existen Áreas Naturales protegidas (ANP).

Cabe señalar que las Áreas Naturales Protegidas reconocidas por la legislación nacional más cercanas son la “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” (ubicada a 80 km al oeste del campo Amoca y la “Reserva de Biósfera de los Pantanos de Centla” (ubicada a 90 km); además del “Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos” (a 126 km de distancia), ambos al este de la ubicación del Área Contractual 1 Campo Tecoailli. Estas áreas son consideradas como sitios RAMSAR⁷ para la conservación de los humedales y sus recursos. Asimismo, estas son consideradas Áreas Importantes para la Conservación de Aves (AICA⁸), llamadas: Los Tuxtlas (AICA 151), Pantanos de Centla (AICA 156) y Laguna de Términos (AICA 170).

Las aves marinas son un componente clave de los ecosistemas marinos y el monitoreo adecuado de sus poblaciones proporciona información importante para su conservación (Schreiber y Burger, 2002).

⁷ <http://www.ramsar.org/es>

⁸ <http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas/doctos/aicas.html>



6.3.6

Aves en el complejo Lagunar Del Carmen- Machona

Las lagunas del Carmen y la Machona se consideran como un sistema lagunar constituido por dos lagunas, localizadas en el litoral del estado de Tabasco. La Laguna del Carmen se localiza entre los 18°06'43" y los 18°23'16" de latitud norte; y entre los 93°40' y los 93°52'19" de longitud oeste; tiene un área de 76 km². Estas dos lagunas se comunican por la denominada Laguna Pajonal formando un solo sistema el cual, por su origen y evolución, se asocia a los procesos de sedimentación terrígena del río Mexcalapa. Corresponden a un antiguo cuerpo lagunar más grande y alargado orientado en dirección este-oeste, sensiblemente paralelo al litoral.

Con la finalidad de caracterizar la avifauna del ecosistema costero se realizaron observaciones en el borde costero marino que abarcó desde playa El Palmar hasta Cuauhtemozin. Además, se caracterizó el Complejo Lagunas Del Carmen - La Machona, siendo las observaciones de fauna realizadas sobre el borde paralelo a la línea de costa marina.

Se evaluó la presencia de aves desde playa El Palmar hasta Cuauhtemozin, realizando observaciones de aves en 13 puntos, los cuales destacaron por sus características biológicas, presencia de aves y menor perturbación antrópogénica. Las evaluaciones se realizaron durante dos días (6 y 7 de abril de 2016) en el horario de mayor actividad de las aves.

En los 13 puntos de conteo se registró un total de 263 individuos de 19 especies agrupados en 14 familias y 8 órdenes. (Apéndice 6.20 – Ficha Biológica y memoria fotográfica del área costera). Las familias más numerosas fueron la Fregatidae, Laridae e Icteridae, siendo las principales especies registradas, *Fregata magnificens*, *Sterna sandvicensis* y *Dives dives* (Tabla 6.36 y Gráfica 6.49).

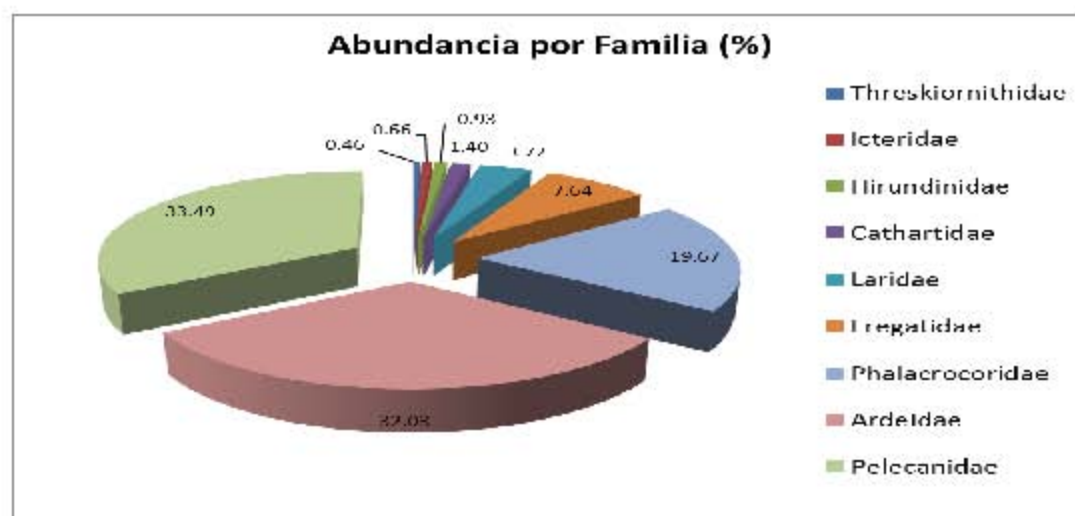
Tabla 6.36 *Aves registradas en la zona costera frente al Área Contractual 1*

Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Suliformes	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1.52	1.52
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	23.19	23.19
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	6.46	6.46
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	0.76	1.14
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	0.38	
Ciconiiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	2.66	2.66
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	0.38	0.38
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius senipalmatus</i>	1.90	1.90
Charadriiformes	Scelopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	4.94	4.94
Charadriiformes	Laridae	<i>Leuophaeus atrilla</i>	6.84	30.80



Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Charadriiformes	Laridae	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	1.52	
Charadriiformes	Laridae	<i>Thalasseus maxima</i>	1.52	
Charadriiformes	Laridae	<i>Sterna andvicensis</i>	20.91	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	2.66	4.56
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida macroura (asiatica)</i>	1.90	
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megascops asio</i>	0.76	0.76
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta thalassina</i>	3.42	3.42
Passeriformes	Emberizidae	<i>Sialia sialis</i>	0.38	0.38
Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	17.87	17.87

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.49 Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 1

6.3.6.1 Ubicación y distribución de las especies registradas

Las 19 especies observadas ocurren en el Golfo de México y están distribuidas en distintos tipos de hábitat como el marino (gaviotas, pelícanos y fragatas) y terrestre (garzas e ibis) (Tabla 6.37 y Tabla 6.38).

Tabla 6.37 Aves costeras registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México

Especie	Autor	Año	Hábitat
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Gmelin	1789	bahía y cercano a la costa; estuarino; islas
<i>Fregata magnificens</i>	Mathews	1914	playa y costa; pelágico; islas



Especie	Autor	Año	Hábitat
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Linnaeus	1766	bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
<i>Ardea alba</i>	Linnaeus	1758	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares, islas en lagunas
<i>Egretta caerulea</i>	Linnaeus	1758	
<i>Coragyps atratus</i>	Bechstein	1793	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares
<i>Buto magnirostris (Rupornis magnirostris)</i>	Gmelin	1788	
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Bonaparte	1825	bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
<i>Tringa melanoleuca</i>	J.F.Gmelin	1789	
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Linnaeus	1758	
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Wagler	1831	
<i>Thalasseus maxima</i>	Boddaert	1783	
<i>Sterna sandvicensis</i>	Latham	1787	
<i>Columba livia</i>	Gmelin	1789	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares
<i>Zenaidura macroura (a statica)</i>	Linnaeus	1758	
<i>Megascops asio</i>	Linnaeus	1766	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares, islas en lagunas
<i>Tachycineta albilinea</i>	Lawrence	1863	
<i>Sicalis luteola</i>	Sparman	1789	
<i>Dives dives</i>	Deppe	1830	

Fuente: ERM, 2016

Los distintos hábitats (playas, desembocaduras de ríos, manglares y lagunas) que se encuentran a lo largo de todo el transecto de evaluación costera, favorecieron para tener una mayor diversidad de especies, destacando entre las zonas con mayor abundancia Cuauhtemozin y el puente de la Laguna Machona, los otros lugares registran una presencia menor de individuos. Esta menor presencia de aves obedecería a una mayor actividad antrópica (Tabla 6.38).

Tabla 6.38 Distribución por zonas de las especies costeras registradas durante la evaluación de fauna en la zona costera

Punto	Latitud	Longitud	Lugar	%	Total
C-1	18° 26.330'	93° 13.998'	Playa El Palmar	4.94	13
C-2	18° 25.430'	93° 17.381'	Ejido Las Flores 3era Etapa	6.84	18
C-3	18° 26.299'	93° 17.038'	Playa Las Flores 3era Etapa	6.84	18
C-4	18° 25.723'	93° 21.445'	Ejido La Unión (Lag Manatinero)	1.90	5
C-5	18° 25.783'	93° 25.298'	Playa Guano Solo	6.08	16
C-6	18° 23.262'	93° 35.390'	Puente (Laguna Machona)	22.81	60
C-7	18° 22.394'	93° 38.529'	Ejido El Alacrán	0.76	2
C-8	18° 20.752'	93° 43.219'	Ejido Sinaloa 2da Etapa	0.00	0
C-9	18° 20.321'	93° 44.483'	Ejido Sinaloa 1era Etapa	0.00	0
C-10	18° 18.395'	93° 50.282'	Límite Sánchez Magallanes	5.70	15



Punto	Latitud	Longitud	Lugar	%	Total
C-11	18° 17.886'	93° 50.994'	Puente Sánchez Magallanes	6.46	17
C-12	18° 17.758'	93° 51.867'	Capitanía Sánchez Magallanes	6.08	16
C-13	18° 12.757'	94° 07.750'	Cuauhtemozin	31.56	83

Fuente: ERM, 2016

6.3.6.2 Diversidad de especies registradas

Del análisis de diversidad de los registros de aves, se obtuvo los valores para los siguientes índices: Shannon y Wiener ($H' = 3.276$ bits/individuos) y Equidad de Pielou ($J = 0.771$), este último corrobora la mayor abundancia de tres especies en el área evaluada, *Fregata magnificens*, *Sterna sandvicensis* y *Dives dives*. Por otro lado, el índice de Margalef ($DMG = 3.230$), indicaría que la riqueza de especies es media en el área evaluada.

6.3.6.3 Categoría de conservación

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las 19 especies de aves registradas se encuentra incluida en alguna categoría de protección. En las listas Internacionales, la lista de la UICN incluye a todas las especies de aves registradas en el área de evaluación en la categoría de especies 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 está incluida, 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 6.39, se detalla el estado de conservación nacional e internacional de las especies registradas en el Área Contractual 1:

Tabla 6.39 *Categoría de Conservación de las aves costeras registradas en el Área Contractual 1*

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Pato buzo	SC	LC	No
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata tijereta	SC	LC	No
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelicano marrón	SC	LC	No
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	SC	LC	No
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	SC	LC	No
<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote común	SC	LC	No
<i>Rupornis magnirostris</i>	aguilla caminera	SC	LC	No
<i>Charadrius semipalmatus</i>	chorlo semipalmeado	SC	LC	No



Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Tringa melanoleuca</i>	playero alablanca	SC	LC	No
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora	SC	LC	No
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	gaviota de franklin	SC	LC	No
<i>Thalasseus maxima</i>	charrán real	SC	LC	No
<i>Sterna sandwicensis</i>	charrán de sandwich	SC	LC	No
<i>Columba livia</i>	p aloma doméstica	SC	LC	No
<i>Zenaida macroura (asiatica)</i>	p aloma ala blanca	SC	LC	No
<i>Megascylus torquatus</i>	martín-pescador de collar	SC	LC	No
<i>Tachycineta albilinea</i>	golondrina manglera	SC	LC	No
<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina manglera	SC	LC	No
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	SC	LC	No

Nota: Sin Categoría (SC). Preocupación menor (LC)

Fuente: ERM, 2016

6.3.7

Aves Costeras

Con la finalidad de caracterizar la avifauna del ecosistema costero se realizaron observaciones en el borde costero marino que abarcó desde playa El Palmar hasta Cuauhtemozin. Además, se caracterizó el Complejo Lagunas Del Carmen - La Machona, siendo las observaciones de fauna realizadas sobre el borde paralelo a la línea de costa marina.

Se evaluó la presencia de aves desde playa El Palmar hasta Cuauhtemozin, realizando observaciones de aves en 13 puntos, los cuales destacaron por sus características biológicas, presencia de aves y menor perturbación antrópogénica. Las evaluaciones se realizaron durante dos días (6 y 7 de abril de 2016) en el horario de mayor actividad de las aves.

En los 13 puntos de conteo se registró un total de 263 individuos de 19 especies agrupados en 14 familias y 8 órdenes. (Apéndice 6.20 – Ficha Biológica y memoria fotográfica del área costera). Las familias más numerosas fueron la Fregatidae, Laridae e Icteridae, siendo las principales especies registradas, *Fregata magnificens*, *Sterna sandwicensis* y *Dives dives* (Tabla 6.40 y Gráfica 6.50).

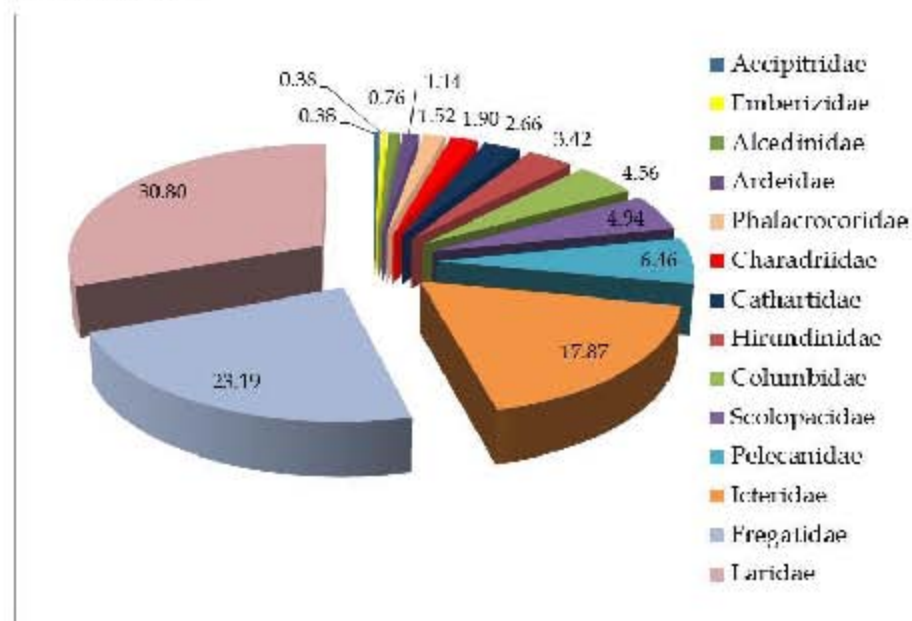
Tabla 6.40 Aves registradas en la zona costera frente al Área Contractual 1

Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Suliformes	Phalacrocoridae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	1.52	1.52
Suliformes	Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	23.19	23.19
Pelecaniformes	Pelecanidae	<i>Pelecanus occidentalis</i>	6.46	6.46
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	0.76	1.14



Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Ciconiiformes	Ardeidae	<i>Egretta caerulea</i>	0.38	
Ciconiiformes	Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	2.66	2.66
Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>	0.38	0.38
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	1.90	1.90
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	4.94	4.94
Charadriiformes	Lariidae	<i>Leucophaeus atricilla</i>	6.84	30.80
Charadriiformes	Lariidae	<i>Laucophaeus pipixcan</i>	1.52	
Charadriiformes	Lariidae	<i>Thalasseus maxima</i>	1.52	
Charadriiformes	Lariidae	<i>Sterna sandvicensis</i>	20.91	
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>	2.66	4.56
Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida meloda (asiatica)</i>	1.90	
Coraciiformes	Alcedinidae	<i>Megascyle torquata</i>	0.76	0.76
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Tachycineta albilinea</i>	3.42	3.42
Passeriformes	Emberizidae	<i>Sicalis luteola</i>	0.38	0.38
Passeriformes	Icteridae	<i>Dives dives</i>	17.87	17.87

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.50 Proporción de las familias de aves costeras registradas en el Área Contractual 1



6.3.7.1 Ubicación y distribución de las especies registradas

Las 19 especies observadas ocurren en el Golfo de México y están distribuidas en distintos tipos de hábitat como el marino (gaviotas, pelícanos y fragatas) y terrestre (garzas e ibis) (Tabla 6.41 y Tabla 6.42).

Tabla 6.41 Aves costeras registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México

Especie	Autor	Año	Hábitat
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Gmelin	1789	bahía y cercano a la costa; estuarino; islas
<i>Fregata magnificens</i>	Mathews	1914	playa y costa; pelágico; islas
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Linnaeus	1766	bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
<i>Ardea alba</i>	Linnaeus	1758	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares, islas en lagunas
<i>Egretta caerulea</i>	Linnaeus	1758	
<i>Coragyps atratus</i>	Bechstein	1793	
<i>Buteo magnirostris</i> (<i>Rupornis magnirostris</i>)	Gmelin	1788	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Bonaparte	1825	bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
<i>Tringa melanoleuca</i>	J.F.Gmelin	1789	
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Linnaeus	1758	
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	Wagler	1831	
<i>Thalasseus maxima</i>	Boddaert	1783	
<i>Sterna sandvicensis</i>	Latham	1787	
<i>Columba livia</i>	Gmelin	1789	
<i>Zenaida meloda</i> (<i>asiatica</i>)	Linnaeus	1758	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares
<i>Megascops torquata</i>	Linnaeus	1766	estuario, bahía y cercano a la costa; manglares, islas en lagunas
<i>Tachycineta albilinea</i>	Lawrence	1863	
<i>Sicalis luteola</i>	Sparman	1789	
<i>Dives dives</i>	Deppe	1830	

Fuente: ERM, 2016

Los distintos hábitats (playas, desembocaduras de ríos, manglares y lagunas) que se encuentran a lo largo de todo el transecto de evaluación costera, favorecieron para tener una mayor diversidad de especies, destacando entre las zonas con mayor abundancia Cuauhtemozin y el puente de la Laguna Machona, los otros lugares registran una presencia menor de individuos. Esta menor presencia de aves obedecería a una mayor actividad antrópica (Tabla 6.42 y Figura 6.31).



Tabla 6.42 Distribución por zonas de las especies costeras registradas durante la evaluación de fauna en la zona costera

Punto	Latitud	Longitud	Lugar	%	Total
C-1	18° 26.330'	93° 13.998'	Playa El Palmar	4.94	13
C-2	18° 25.430'	93° 17.381'	Ejido Las Flores 3era Etapa	6.84	18
C-3	18° 26.299'	93° 17.038'	Playa Las Flores 3era Etapa	6.84	18
C-4	18° 25.723'	93° 21.445'	Ejido La Unión (Lag Manatintero)	1.90	5
C-5	18° 25.783'	93° 25.298'	Playa Guano Solo	6.08	16
C-6	18° 23.262'	93° 35.390'	Puente (Laguna Machona)	22.81	60
C-7	18° 22.394'	93° 38.529'	Ejido El Alacrán	0.76	2
C-8	18° 20.752'	93° 43.219'	Ejido Sinaloa 2da Etapa	0.00	0
C-9	18° 20.321'	93° 44.483'	Ejido Sinaloa 1era Etapa	0.00	0
C-10	18° 18.395'	93° 50.282'	Límite Sánchez Magallanes	5.70	15
C-11	18° 17.886'	93° 50.994'	Puente Sánchez Magallanes	6.46	17
C-12	18° 17.758'	93° 51.867'	Capitanía Sánchez Magallanes	6.08	16
C-13	18° 12.757'	94° 07.750'	Cuauhtemozín	31.56	83

Fuente: ERM, 2016

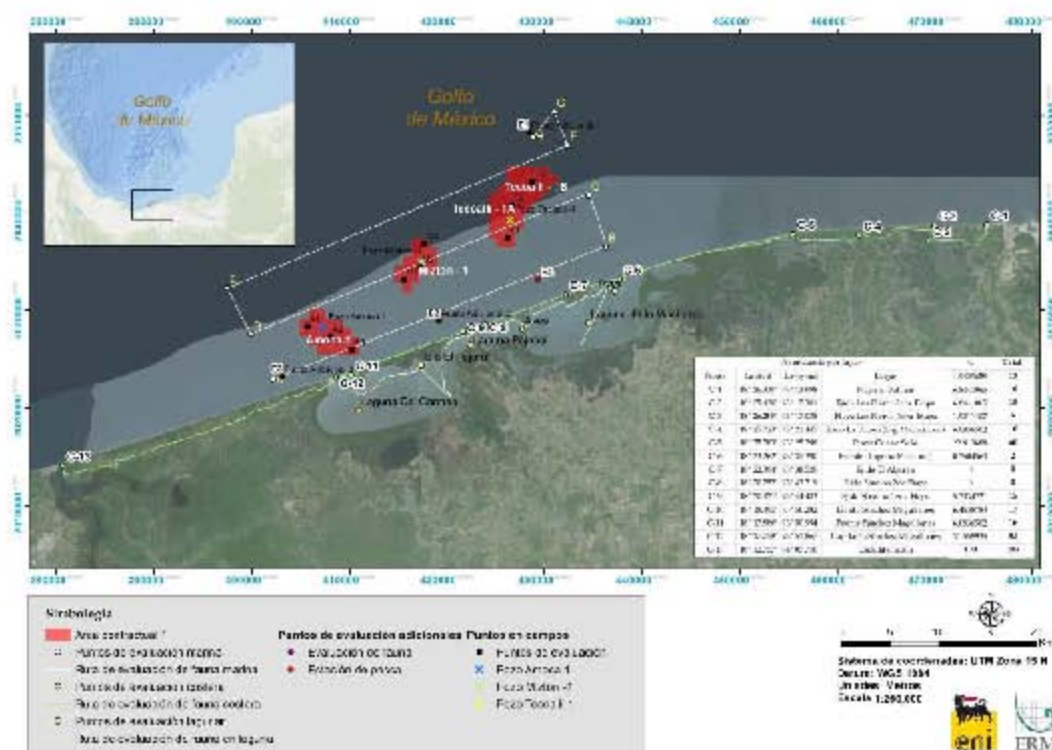


Figura 6.31 Distribución de especies registradas



6.3.7.2 Diversidad de especies registradas

Del análisis de diversidad de los registros de aves, se obtuvo los valores para los siguientes índices: Shannon y Wiener ($H' = 3.276$ bits/individuos) y Equidad de Pielou ($J = 0.771$), este último corrobora la mayor abundancia de tres especies en el área evaluada, *Fregata magnificens*, *Sterna sandvicensis* y *Dives dives*. Por otro lado, el índice de Margalef ($DMG = 3.230$), indicaría que la riqueza de especies es media en el área evaluada.

6.3.7.3 Categoría de conservación

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las 19 especies de aves registradas se encuentra incluida en alguna categoría de protección. En las listas Internacionales, la lista de la UICN incluye a todas las especies de aves registradas en el área de evaluación en la categoría de especies 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 está incluida, 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 6.43, se detalla el estado de conservación nacional e internacional de las especies registradas en el Área Contractual 1:

Tabla 6.43 *Categoría de Conservación de las aves costeras registradas en el Área Contractual 1*

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Pato buzo	SC	LC	No
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata tijereta	SC	LC	No
<i>Pelecanus occidentalis</i>	Pelicano marrón	SC	LC	No
<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	SC	LC	No
<i>Egretta caerulea</i>	Garza azul	SC	LC	No
<i>Coragyps atatus</i>	Zopilote común	SC	LC	No
<i>Rupornis magnirostris</i>	aguililla caminera	SC	LC	No
<i>Charadrius semipalmatus</i>	chorlo semipalmeado	SC	LC	No
<i>Tringa melanoleuca</i>	playero alablanca	SC	LC	No
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora	SC	LC	No
<i>Leucophaeus pipixcan</i>	gaviota de franklin	SC	LC	No
<i>Thalasseus maxima</i>	charrán real	SC	LC	No
<i>Sterna sandvicensis</i>	charrán de sandwich	SC	LC	No
<i>Columba livia</i>	paloma doméstica	SC	LC	No



Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Zenaida meloda (asiática)</i>	paloma ala blanca	SC	LC	No
<i>Megascops torquata</i>	martín-pescador de collar	SC	LC	No
<i>Tachycineta albilinea</i>	golondrina manglera	SC	LC	No
<i>Tachycineta albilinea</i>	Golondrina manglera	SC	LC	No
<i>Dives dives</i>	Tordo cantor	SC	LC	No
Nota: Sin Categoría (SC). Preocupación menor (LC)				

Fuente: ERM, 2016

6.3.8 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. 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 sirenio (manatí). (INE-SEMARNAT, 2004).

En la zona del Golfo de México se han realizado muy pocos estudios de mamíferos marinos (Ortega-Ortiz *et al.*, 2004), en especial de las toninas, que son un depredador potencial de gran importancia como último eslabón de las cadenas tróficas (Kelly, 1983; Leatherwood y Reeves, 1990).

Solo las toninas y los 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 (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).

La evaluación de mamíferos marinos se realizó en el área del Proyecto en dos días el 5 y 6 de abril de 2016, siendo el esfuerzo de observación marina de 10 horas y 14 minutos, recorriendo un total de 84 millas de forma paralela a la costa. Como resultado de las observaciones, se registró una sola especie, el “delfín manchado pantropical o delfín moteado” *Stenella attenuata*. De los resultados obtenidos se puede concluir que la diversidad de mamíferos marinos en esta zona es muy baja.



Durante la evaluación se reportó condiciones del estado del mar desfavorables, registrándose valores entre 1 y 3 en escala Douglas. Por otro lado, las condiciones atmosféricas indicaban que el viento registró valores entre 2 y 3 en la escala de Beaufort. El cielo estaba parcialmente despejado y sin presencia de lluvias durante el recorrido; siendo la visibilidad registrada fue aproximadamente de 3 a 5 millas náuticas.

En la zona costera se realizó observaciones en el complejo lagunar de las Lagunas del Carmen - Pajonal y la Machona, en donde no se observó ninguna especie de mamífero marino.

6.3.81 *Composición y abundancia de las especies registradas*

En el Área Contractual 1, cerca al campo de Tecoailli, se hizo el único registro de mamíferos marinos, 04 individuos de un cetáceo, la especie de "delfín pantropical o delfín moteado" *Stenella attenuata* (ver Tabla 6.44). Durante las actividades de pesca exploratoria se observaron en el campo de Amoca la presencia de tres individuos de la especie "tonina" *Tursiops truncatus* (ver Apéndice 6.21 y memoria fotográfica).

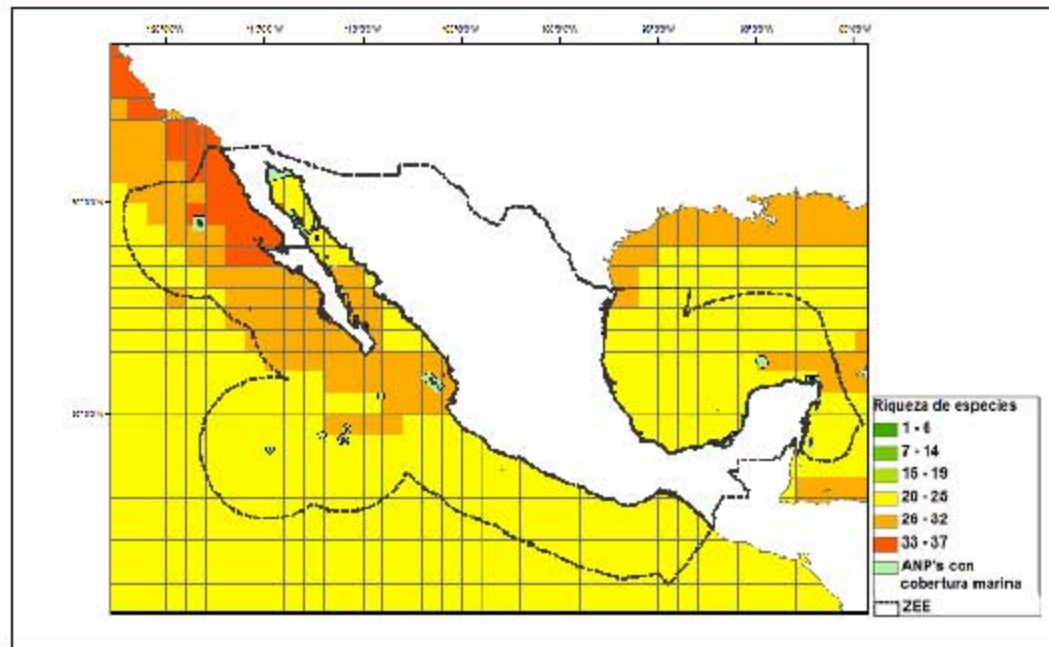
Tabla 6.44 Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 1

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

Fuente: ERM, 2016

6.3.82 *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 (Figura 6.32).



Fuente: Tomado de Würsig *et al.*, 2000

Figura 6.32 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).

En cuanto a los resultados obtenidos en la evaluación marina se corrobora la presencia del "delfín pantropical" o "delfín moteado" (*Stenella attenuata*) que fue encontrado aproximadamente a 6 mn de la costa (ver Figura 6.33).

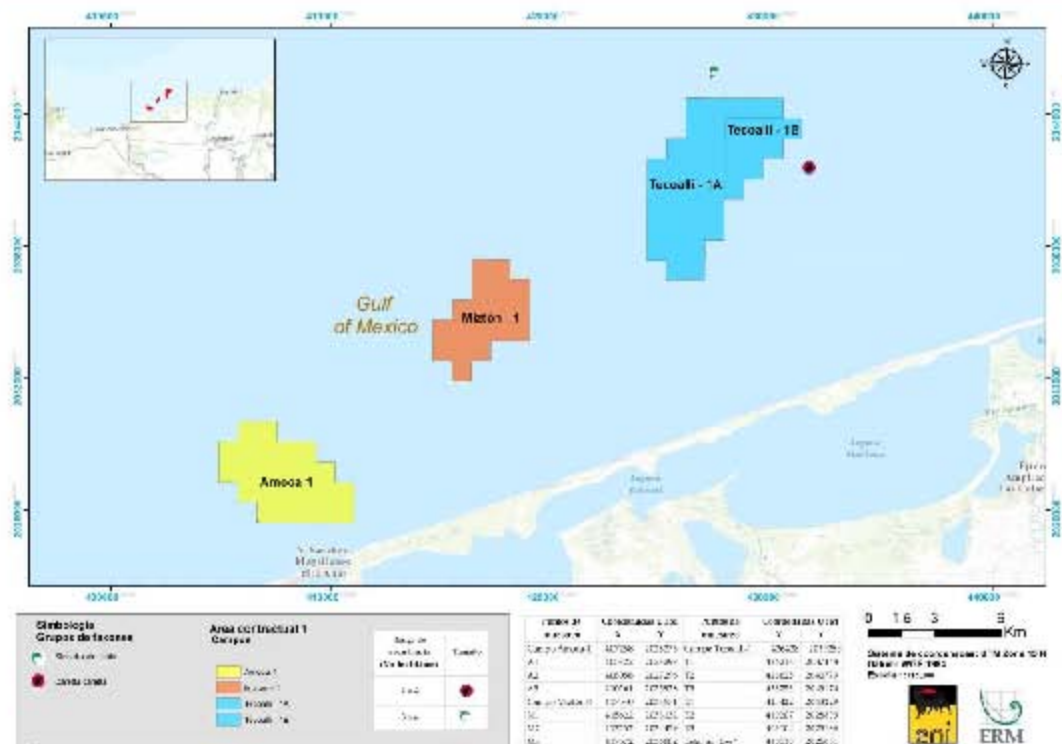


Figura 6.33 Distribución de mamíferos registrados

6.3.8.3 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 muy baja.

La relación de mamíferos marinos que ocurren en el Golfo de México se adjunta en el Apéndice 6.21.



6.3.84

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 las especies registradas 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 6.45 se muestra el estado de conservación nacional e internacional de las especies reportadas en el Área Contractual 1:

Tabla 6.45 *Categoría de Conservación de los Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 1*

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

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

Fuente: ERM, 2016

Jefferson y Lynn (1994), durante el verano de 1991 realizaron un estudio de mamíferos marinos, 193 horas de observación, que incluyó la zona sur del Golfo de México. Identificaron tres especies en esa zona, el *Tursiops truncatus*, el *Physeter macrocephalus* y un delfín no identificado. El estudio revela la poca diversidad y bajos registros de especies de mamíferos marinos en la zona sur del Golfo de México.

Margalef 1971 (en Jefferson y Lynn, 1994) indicó muy pocos avistamientos en una pequeña porción suroeste del Atlántico Norte, que en condiciones tales como la ausencia de aves y el avistamiento de peces voladores, y la escasez de barcos de pesca, sugieren la baja productividad de dicha área. Para el caso del Área Contractual 1, se observaron las mismas condiciones mencionadas, lo cual reflejaría una menor presencia de predadores tope, aves y mamíferos marinos.

Delgado-Estrella (2004) mencionó que, en la costa de Tabasco, 20 de las 521 toninas identificadas pudieron ser reavistadas (3.8%), la mayoría de ellas durante el mismo año o en años consecutivos, y solo una con más de cuatro años de diferencia entre la captura y la recaptura fotográfica. La mayor parte de los re



avistamientos se registraron en las entradas a las lagunas costeras y ríos como el González y el Grijalva. En esta parte occidental de la costa de Tabasco fue común encontrar a las toninas asociadas a barcos camaroneros trabajando, entre 30 y 50% de los avistamientos estuvieron asociados con esta actividad pesquera. De igual manera, los avistamientos registrados en la parte central de la costa de Tabasco estuvieron asociados con actividades pesqueras, ya sea con redes de cerco o redes agalleras, y con la pesquería de la sierra (*Scomberomorus* spp.) y el bonito (*Sarda sarda*).

6.3.9 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).

México se distingue por compartir el hábitat de 10 de las 11 variedades de tortugas marinas que existen en la actualidad. La única tortuga ausente es *Natator depressus* circunscrita a la región australiana. 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 “torutga laúd” (*Dermochelys coriacea*) (INE-SEMARNAT, 2004).

Del 5 al 7 de abril de 2016, se realizó la evaluación de tortugas marinas en el Área Contractual 1. 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); que los avistamientos de tortugas marinas durante cruceros de investigación son muy escasos (Wennemer *et al.*, 1998), y que ningún avistamiento durante el recorrido no indica la ausencia de tortugas en la zona evaluada.

6.3.9.1 Condiciones ambientales durante la evaluación marina

El 5 de abril de 2016, durante el recorrido del derrotero de la embarcación, se obtuvo información de las condiciones atmosféricas tales como velocidad del viento (escala Douglas), condiciones de nubosidad, condiciones de visibilidad (en millas náuticas), y condiciones del mar (según escala Beaufort).

El estado del mar presentó condiciones desfavorables, registrándose valores entre 1 y 3 en escala Douglas. Por otro lado, las condiciones atmosféricas indicaban que el viento registró valores entre 2 y 3 en la escala de Beaufort. El cielo estaba



parcialmente despejado y sin presencia de lluvias durante el recorrido; siendo la visibilidad registrada fue aproximadamente de 3 a 5 mn.

Las condiciones del día 6 y 7 abril mejoraron considerablemente, siendo las condiciones del mar y de viento favorable y en el rango de 1 a 2 en las respectivas escalas Douglas y Beaufort. La nubosidad fue mínima y sin presencia de precipitación, siendo la visibilidad superior a 5 mn.

6.3.9.2 *Composición y abundancia de las especies registradas*

Se recorrieron 84 mn, lo cual representó un esfuerzo de muestreo de aproximadamente 10 horas y 14 minutos de observaciones continuas. Se registró un individuo de tortuga marina en el Área Contractual 1, el cual correspondería a la especie *Caretta caretta* llamada “caguama”.

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 periodo de mayor anidación, el promedio de huevos por nido y el periodo de incubación se detallan en el *Apéndice 6.22*.

6.3.9.3 *Ubicación y distribución de las especies*

El INE-SEMARNAT (2004), indica que algunas especies pueden reproducir en las playas del Estado de Veracruz, tal es el caso de las especies: “tortuga lora” (*Lepidochelys kempi*), “tortuga blanca” (*Chelonia mydas*), “tortuga carey” (*Eretmochelys imbricata*), “tortuga caguama” (*Caretta caretta*) y “tortuga laúd” (*Dermochelys coriacea*) (ver Tabla 6.46). Sin embargo, en el ámbito correspondiente al Área Contractual 1 no se ha encontrado evidencia de zonas de anidación de tortugas.

Tabla 6.46 *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>Eretmochelys imbricata</i>	Linnaeus	1758
Chelonidae	<i>Lepidochelys kempi</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 encuentran distribuidas dentro del espacio correspondiente al zócalo continental, en el cual desarrollan parte de su ciclo vital. Algunas tortugas, como la “caguama” (*Caretta caretta*), anida en el Golfo de México, tal como se muestra en la Figura 6.34.



Fuente: Adaptado de CONANP, 2011

Figura 6.34 Distribución de la tortuga caguama *Caretta caretta* en México

6.3.9.4 Diversidad de especies registradas

Los pocos registros de individuos en el Área Contractual 1 durante las evaluaciones del mes de abril de 2016, indicarían que la diversidad es cero. La escasa presencia de registros no implica la inexistencia de individuos de otras especies, como las mencionadas anteriormente y estaría asociada a la estacionalidad, la baja oferta alimenticia en la zona y a las condiciones ambientales desfavorables para su avistamiento.

6.3.9.5 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); además en el Apéndice I de CITES y el Apéndice I de la CMS.

En la Tabla 6.47 se detalla el estado de conservación nacional e internacional para cada una de las especies que ocurren en el Golfo de México.



Tabla 6.47 *Categoría de Conservación de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México*

<i>Especie</i>	<i>Nombre común</i>	<i>NOM-59</i>	<i>UICN</i>	<i>CITES</i>	<i>CMS</i>	<i>Endemismo</i>
<i>Lepidochelys kempii</i>	Tortuga lora	P	EN	I	I	No
<i>Chelonia mydas</i>	Tortuga blanca	P	EN	I	I	No
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga carey	P	EN	I	I	No
<i>Caretta caretta</i>	Tortuga caguama	P	EN	I	I	No
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortuga 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 registró la poca presencia de individuos durante la presente evaluación.

La tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*, Vandelli 1761) está adaptada para soportar temperaturas más bajas que el resto de las tortugas marinas (hasta 10 °C) por lo que también se distribuye en gran parte de la zona templada. Esta especie realiza grandes migraciones (Eckert y Sarti, 1997). En el Golfo de México es menos abundante que en el mar Caribe y también la anidación es más esporádica. (Instituto Nacional de Ecología, 2004).

En el Caribe y Golfo de México las anidaciones de esta especie se describen como “raras”, estimándose poco menos de 20 nidadas/año a lo largo de la línea costera del Caribe y Golfo de México (Eckert, 2001)

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, actividades tales como la pesca excesiva, el comercio ilícito de estas especies, 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), además en los Apéndices I de CITES y 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 humanas en zonas altas y/o aledañas a 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).

En lo que respecta a las actividades relacionadas a hidrocarburos, la descarga de perforación (cortes y lodos) sea intencionada o incidental, pueden ser fuentes de contaminación por metales para los sedimento marino. Los metales mas frecuentes presentes en los lodos de perforación, los cuales pueden encontrarse en niveles mayores a la concentración natural presente en el suelo y sedimentos son, el bario, cromo, plomo y zinc. El mercurio algunas veces se presenta en elevadas concentraciones derivado de la contaminación de la baritina o barita que compone los lodos de perforación (Neff, 2002b citado por Frost *et al.* 2006). En el pasado el cromo era frecuentemente el único metal además del bario, el cual era detectado en elevadas concentraciones en sedimentos cercanos a la zona de descarga de lodos y cortes de perforación (Neff *et al.*, 1989 citado por Frost *et al.*, 2006).

Estudios realizados en la región costera del Golfo de México revelan una elevada contaminación por metales pesados en las matrices agua, sedimentos y organismos acuáticos (moluscos, crustáceos y peces) en lagunas y ríos de los estados de Veracruz y Tabasco, reportándose una mayor concentración por plomo, cadmio, cromo, cobre, níquel y zinc, producto del incremento de las actividades industriales aledañas a la costa del golfo Mexicano (Botello *et al.*, 1996).

Entre los metales pesados, el mercurio, cobre, níquel, plomo, cobalto, cadmio y bario se presentan como los 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 presentan 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, etc. (Ramírez-Elías *et al.*, 2005).

Algunos metales (Ba, Cr, Ni, V) están asociados, en el área cercana a las plataformas, a la actividad petrolera (Gold-Bouchot, 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).

Lo mencionado en el párrafo anterior con respecto a la introducción de metales pesados en los sedimentos marinos producto de la escorrentía superficial, coincide con lo mencionado por Ríos Q., L (1993), el cual reporta que las elevadas concentraciones de metales presentes en los sedimentos de la plataforma



continental de los estados de Veracruz y Tabasco son causados por los ríos Coatzacoalcos y Tonalá que desembocan en el Golfo de México, atribuyendo las causas de la presencia elevada de metales a derrames y la introducción continua de aguas residuales de un complejo petroquímico establecido en la zona de estudio.

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).

La biomagnificación otro de los conceptos importantes de la ecotoxicología, se encuentra definida como el traspaso de sustancias químicas o metales bioacumulados a un nivel trófico superior, el cual tiende a generar un incremento o aumento de la concentración en dicho nivel trófico (Salomon, 1996, Walker *et al.*, 1997, Landis y Yu, 1998 citados por Sánchez, 2008). Sobre lo anterior, se puede mencionar el estudio realizado por Núñez *et al.* (1998) en 44 cazones (*Rhizoprionodon terraenovae*) capturados en las zonas costeras de Veracruz y Tabasco, en los cuales se encontraron concentraciones promedio de mercurio (Hg) en los hígados de 0.16 mg/Kg en peso seco. De la misma manera, Mendoza-Díaz *et al.* (2013) llevó a cabo un estudio sobre la concentración de mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr) y arsénico (As) en el hígado de la especie *Carcharhinus limbatus* (Carcharhinidae) capturados en Veracruz, como referencia a una especie perteneciente a un nivel trófico superior. En ambos estudios, las concentraciones de mercurio no sobrepasaron el límite permitido por la normatividad vigente en México (Sánchez, 2008).

De acuerdo a Furlong-Estrada y Barragán-Cuencas (1997) en la zona costera de Tamiahua, se llegó a determinar que en los tiburones no se encuentran niveles de contaminantes elevados, lo cual es un dato considerable teniendo en cuenta que estos son organismos que se encuentran en el tope de la red trófica, y que habitan aguas circun-tropicales y algunos en aguas templadas.

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).

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) (Gold-Bouchot, 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 PAHs o BTEX en muestras de sedimento nos permitirían establecer la naturaleza u 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).

De acuerdo a Botello *et al.* (1996), en zonas costeras no contaminadas las concentraciones de hidrocarburos biogénicos en sedimentos recientes son menores a 70 ppm (norma establecida por la UNESCO, 1976). Según los autores, en los sedimentos de las zonas contaminadas, las concentraciones de hidrocarburo de origen fósil pueden variar en un amplio rango, según el origen de la contaminación y las características del ecosistema. Mencionan que incluso llegan a ser mucho más elevadas que las concentraciones de hidrocarburos biogénicos.

De acuerdo a Botello (2005) los resultados de HCT encontrada en los sedimentos de los ríos Tonalá, Coatzacoalcos y la Laguna del Ostión, reporta que sobresale la proporción muy cercana entre la fracción parafínica y aromática encontrada en el bajo Coatzacoalcos, teniendo en cuenta que normalmente los poliaromáticos existen en niveles de una o dos órdenes de magnitud por debajo de los alifáticos o parafinas, y durante el ciclo evaluado los HAPs superaron el criterio de calidad de la NOAA hasta por 25 veces. Según el autor, el río Tonalá presentó un comportamiento similar al del río Coatzacoalcos.

De acuerdo a Parker (1974); Burns y Smith (1982) y Farrington *et al.* (1983) los ríos Coatzacoalcos y Tonalá son a nivel mundial comparables a zonas costeras con un elevado grado de industrialización o una gran concentración urbana como Phillips en Australia, Nueva York y la Costa Atlántica en Estados Unidos, donde el tráfico de buques comerciales y petroleros, el asentamiento de plantas y complejos petroquímicos e industriales colaterales, aportan cantidades considerables de hidrocarburos, muchos de los cuales se almacenan en el sedimento por largos períodos.

Es importante mencionar que, entre los probables aportes de hidrocarburos al sedimento marino circunscrito en el Área Contractual 1, se encuentran el río Tonalá, la Laguna del Carmen y la Machona. De acuerdo a Botello *et al.* (1996), se



reportó valores de hidrocarburos en sedimentos costeros y marinos influenciados por estos aportes de escorrentía, determinándose que para las lagunas del Carmen y la Machona las concentraciones en ppm de hidrocarburos fue de 45, lo cual es menor a lo estipulado por la norma de la UNESCO (1976); sin embargo, el río Tonalá presentó niveles de 1,189 ppm de hidrocarburos, lo cual de acuerdo a los autores, lo ubican como uno de los sitios costeros más contaminados del mundo después del Puerto de Nueva York en USA (324 ppm), el Golfo de Omán en Arabia Saudita (226 ppm) y el Puerto Western en Australia (210 ppm).

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).

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 Estaciones 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*

A continuación, 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 6.48).

En lo que respecta al Cadmio en el sedimento marino, en todas las estaciones de muestreo los valores reportados se encontraron debajo del límite de detección del método analítico (0.559 mg/Kg) y por tanto de las normas comparativas de referencia. Asimismo, las concentraciones de Bario no superaron el límite TEL establecido por la NOAA para calidad de sedimentos marinos. Esto se complementaría con lo registrado para el Plomo, el cual presentó valores muy por debajo de los límites de referencia para dicho parámetro. De acuerdo a los resultados reportados, se observaría una baja influencia de la actividad petrolera en el área evaluada (Área Contractual 1).



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), 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 (mas próximo al sedimento) en el Área Contractual 1 (Tabla 6.49).

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 1, registraron concentraciones menores al límite de detección del método analítico (0.00031 mg/L) lo cual está muy por debajo a 0.02 mg/L, el cual representa la concentración más baja con la cual se reportan efectos negativos por toxicidad (CE 50%), como daños histopatológicos o mortalidad en las especies listadas en la Tabla 6.49.



Tabla 6.48 *Análisis de concentración de metales en sedimentos*

<i>Muestra</i>	<i>CEQG</i>		<i>SQ_{QuiRTs}</i>		<i>A1-sed</i>	<i>A2-sed</i>	<i>Dupli-sed</i>	<i>A3-sed</i>	<i>MI-sed</i>
<i>Fecha de Muestreo</i>	<i>del CCME</i>		<i>de la NOAA</i>		<i>31/01/2016</i>	<i>30/01/2016</i>	<i>30/01/2016</i>	<i>30/01/2016</i>	<i>31/01/2016</i>
<i>Profundidad</i>	<i>ISQG</i>	<i>PEL</i>	<i>TEL</i>	<i>PEL</i>	<i>41.6</i>	<i>41.6</i>		<i>33.4</i>	<i>32.2</i>
<i>Unidades</i>	<i>mg/kg</i>		<i>mg/kg</i>		<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>
PARÁMETRO									
<i>Metales</i>									
Hierro	-	-	-	-	28 519.02	42 146.19	3 264.05	33 626.37	29 413.74
Zinc	-	-	124.00	271.00	34.14	46.81	34.76	31.40	41.22
Cadmio	0.70	4.20	0.68	4.21	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)
Plomo	30.20	112.00	30.24	112.00	5.95	8.31	7.12	6.22	9.40
Cobre	18.70	108.00	18.70	108.00	4.69	8.70	7.84	5.87	15.30
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)
Mercurio	0.13	0.70	0.13	0.70	ND(0.056)	ND(0.056)	ND(0.056)	ND(0.056)	0.075
Níquel	-	-	15.90	42.80	10.74	16.38	16.57	16.61	19.25
Vanadio	-	-	-	-	34.14	45.33	31.66	31.40	41.22
Plata	-	-	0.73	1.77	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)
Bario	-	-	130.10	-	11.31	16.16	18.83	11.41	29.30
Litio	-	-	-	-	16.93	23.76	20.56	13.05	30.05
Manganeso	-	-	-	-	216.00	260.00	205.70	214.90	195.70
Molibdeno	-	-	-	-	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)
Selenio	-	-	-	-	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)
Estaño	-	-	0.05	-	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)

Fuente: Vera et al., 2001



<i>Muestra</i>	<i>CEQG</i>		<i>SQuiRTs</i>		<i>T1-sed</i>	<i>T2-sed</i>	<i>T3-sed</i>	<i>E2-sed</i>	<i>E3-sed</i>
<i>Fecha de Muestreo</i>	<i>del C CME</i>		<i>de la NOAA</i>		<i>31/01/2016</i>	<i>30/01/2016</i>	<i>30/01/2016</i>	<i>31/01/2016</i>	<i>31/01/2016</i>
<i>Profundidad</i>	<i>ISQG</i>	<i>PEL</i>	<i>TEL</i>	<i>PEL</i>	<i>37.8</i>	<i>41.6</i>	<i>33.4</i>	<i>32.2</i>	<i>36.2</i>
<i>Unidades</i>	<i>mg/kg</i>		<i>mg/kg</i>		<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>	<i>mg/kg</i>
PARÁMETRO									
<i>Metales</i>									
Hierro	-	-	-	-	28,858.16	10,037.31	9,331.33	29,992.97	24,349.42
Zinc	-	-	124.00	271.00	34.17	46.99	8.84	28.87	28.07
Cadmio	0.70	4.20	0.68	4.21	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)	ND(0.559)
Plomo	30.20	112.00	30.24	112.00	6.360	4.502	4.120	6.203	5.073
Cobre	18.70	108.00	18.70	108.00	6.44	4.25	ND(2.500)	5.87	5.40
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)
Mercurio	0.13	0.70	0.13	0.70	ND(0.056)	ND(0.056)	ND(0.056)	ND(0.056)	ND(0.056)
Níquel	-	-	15.90	42.80	16.06	6.21	6.63	15.70	11.80
Vanadio	-	-	-	-	32.85	11.70	13.12	28.87	28.07
Plata	-	-	0.73	1.77	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)	ND(0.608)
Bario	-	-	130.10	-	17.53	4.53	9.22	20.86	10.69
Litio	-	-	-	-	19.82	3.54	3.20	14.01	14.75
Manganeso	-	-	-	-	231.50	795.50	439.30	173.60	183.80
Molibdeno	-	-	-	-	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)	ND(2.500)
Selenio	-	-	-	-	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)
Estaño	-	-	0.05	-	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)	ND(5.000)
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

* **Concentración detectada con base en el límite de detección del laboratorio**

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



Tabla 6.49 Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas

Especie	Organismo	Medio	Estadio	CE 50% (mg/L)	Tiempo de Exposición	Autor	Estaciones de Muestreo Fondo (mg/L)
<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Agua continental	Adulto	0.83	24 h	Iannacone et al. (1999)	≤0.02
<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Agua continental	Adulto	0.72	48 h	Iannacone et al. (1999)	≤0.02
<i>Carassostea virginia</i>	Bivalvo	Marino	embrión	3.80	48 h	Calabrace et al. (1977) en Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Monodonta articulata</i>	Gasterópodo	Marino	Adulto	8.00	48 h	Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Nitzschia incerta</i>	Diatomea	Marino	Adulto	0.02669	96 h	Rachlin et al. (1983a) en Vymazal (1987)	≤0.02
<i>Emerita analoga</i>	Crustáceo	Marino	Zoea	0.58	96 h	Sánchez et al. (1998)	≤0.02
<i>Chaetocerus gracilis</i>	Diatomea	Marino	Adulto	0.595	96 h	Vera et al. (en prensa)	≤0.02
<i>Odontobutis regia regia</i>	Pez	Marino	Postlarva	0.648	96 h	Este Estudio (2002)	≤0.02
<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomea	Marino	Adulto	1.42	96 h	Tam et al. (2000)	≤0.02
<i>Argopecten purpuratus</i>	Bivalvo	mar	Juvenil	1.48	96 h	Nelson et al. (2000) en Axiak y Schembri (1982)	≤0.02
<i>Jordanella floridae</i>	Pez	Agua continental	Juvenil	2.50	96 h	Spehar (1976)	≤0.02
<i>Platichthys flesus</i>	Pez	Marino	Adulto	24.4	96 h	Larsos et al. (1981)	≤0.02
<i>Nannites arenaceodentata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	3	28 d	Reish y Scott (1976) en Reish et al. (1978)	≤0.02
<i>Capitella capitata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	7.5	28 d	Reish y Scott (1976) en Reish et al. (1978)	≤0.02

Fuente: Vera et al., 2001

De acuerdo a los resultados de laboratorio, el Níquel presenta un valor que supera ligeramente el nivel TEL de NOAA en las estaciones de muestreo A2, A3, M1 y T1; sin embargo, el valor TEL se encuentra descrito como el Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial), por lo cual no representaría un valor de riesgo o con potencial efecto biológico negativo.

En el reporte de toxicidad para la determinación del Factor de Impacto Ambiental (EIF por su acrónimo en inglés) correspondiente a la potencial toxicidad de las descargas de perforación, realizado por Frost *et al.* (2006), programa en el cual participaron AGIP, TOTAL, PETROBRAS, SHELL, HYDRO, CONOCO PHILLIPS, EXXON MOBIL, STATOIL y eni; se menciona que basado en el criterio de selección de sustancias químicas, los metales que deberían ser incluidos en el EIF son el cadmio, cromo, plomo, cobre, mercurio y zinc. Adicionalmente, se hace referencia a que la concentración de níquel en descargas de perforación es usualmente es 10 veces mas bajo que las condiciones naturales del sedimento y por tanto es de menor preocupación en temas de toxicidad en sedimentos. Asimismo, para el caso del bario (como baritina) no es considerado toxico y por tanto no se incluyó en su análisis tanto para la columna de agua como para el sedimento.

En cuanto al Níquel, no hay mucha información disponible sobre los efectos sobre los organismos y los humanos; se conoce que a elevadas concentraciones de este metal en aguas superficiales puede originar una disminución en el crecimiento de las algas. El Níquel es un elemento esencial en pequeñas concentraciones, evidenciándose en estudios de toxicidad que dicho metal no se acumula en las plantas o animales, por lo cual no se biomagnifica en la red trófica (ver Tabla 6.50).

La presencia de metales como el bario, plomo y zinc en los resultados de laboratorio correspondientes a la totalidad de puntos de muestreo, podrían ser indicador de que su presencia responde a la propia geoquímica del golfo, además de los aportes de origen antrópico que estarían aportando el aforo de los ríos y las actividades propias de la industria del petróleo, específicamente la descarga de cortes y lodos que podrían haberse dado de manera incidental. Sin embargo a pesar de presentarse dichos metales en el sedimento del área de estudio, las concentraciones detectadas se encuentran por debajo de los niveles guías de referencia y no representarían de mayor riesgo para el ecosistema.



Tabla 650 Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas

Especie	Organismo	Medio	Estadio	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 et al. (1999)	≤0.02
<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Agua continental	Adulto	0.72	48h	Iannacone et al. (1999)	≤0.02
<i>Carassostea virginia</i>	Bivalvo	Marino	embrión	3.80	48h	Calabrace et al. (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	Rachin et al. (1983a) en Vymazal (1987)	≤0.02
<i>Emerita analoga</i>	Crustáceo	Marino	Zoea	0.58	96h	Sánchez et al. (1998)	≤0.02
<i>Chaetocerus gracilis</i>	Diatomea	Marino	Adulto	0.595	96h	Vera et al. (en prensa)	≤0.02
<i>Odontobutis 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 et al. (2000)	≤0.02
<i>Argopecten purpuratus</i>	Bivalvo	mm	Juvenil	1.48	96h	Nelson et al. (2000) 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	24.4	96h	Larsos et al. (1981)	≤0.02
<i>Nannites arenaceodentata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	3	28d	Reish y Scott (1976) en Reish et al. (1978)	≤0.02
<i>Capitella capitata</i>	Poliqueto	Marino	Adulto	7.5	28d	Reish y Scott (1976) en Reish et al. (1978)	≤0.02

Fuente: Vera et al., 2001



6.4.4

Resultados del Análisis de Hidrocarburos

A continuación, se presentan de manera tabular los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de sedimento marino para 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) y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a los valores meta holandesas y de intervención (2000). En cuanto a los resultados de TPH los valores fueron comparados con los límites establecidos por la UNESCO (1976) para la matriz sedimentos; sin embargo, sobre este último en particular, los resultados analíticos de laboratorio determinaron que no hubo presencia de hidrocarburos (fracción ligera, media y pesada) en las muestras analizadas.

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.

En la Tabla 6.51 se presentan los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de sedimento marino para hidrocarburos específicamente Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) 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 651 *Análisis de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimentos*

Muestra	CEQG		SQuiRTs		Dutch	A1-sed	A2-sed	Dupli-sed	A3-sed	M1-sed
Fecha de Muestreo	del CCME		de la NOAA		Target	31/01/2016	30/01/2016	30/01/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad	ISQG	PEL	TEL	PEL		37.8	41.6	33.4	32.2	36.2
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PARÁMETRO										
HAP										
Benzo(a)antraceno	0.0748	0.6930	0.0748	0.6930	0.0250	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(a)pireno	0.0888	0.7630	0.0888	0.7630	0.0520	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)
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	0.3800	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Dibenzo(a,h)antraceno	0.0062	0.1350	0.0062	0.1350	-	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)
Notas:										
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)										



Muestra	CEQG		SQuiRTs		Dutch Target	T1-sed	T2-sed	T3-sed	E2-sed	E3-sed
Fecha de Muestreo	del CCME		de la NOAA			31/01/2016	30/01/2016	30/01/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad	ISQG	PEL	TEL	PEL		37.8	41.6	33.4	32.2	36.2
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PARÁMETRO										
HAP										
Benzo(a)antraceno	0.0748	0.6930	0.0748	0.6930	0.0250	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(a)pireno	0.0888	0.7630	0.0888	0.7630	0.0520	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)
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	0.3800	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Dibenzo(a,h)antraceno	0.0062	0.1350	0.0062	0.1350	-	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)
Notas:										
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)										



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 1. Dicha Área no se encuentra dentro de algún zona sensible.

6.5.1.1 Arrecifes coralinos

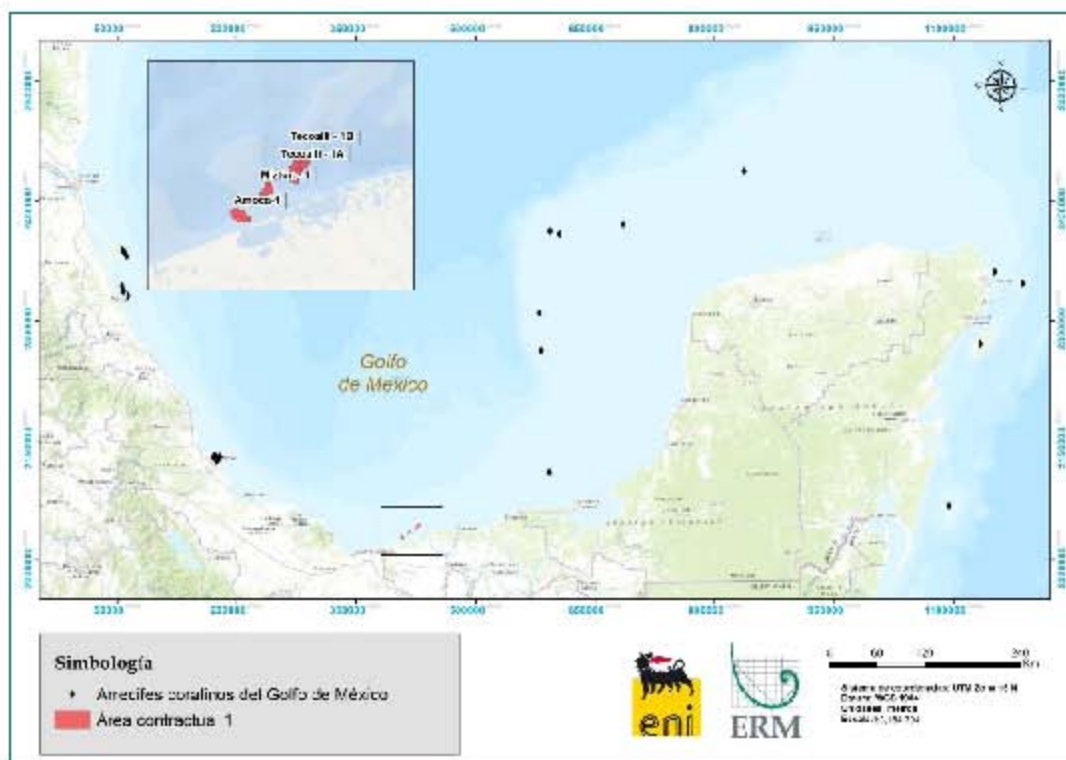
Los arrecifes coralinos son uno de los ecosistemas con mayor biodiversidad del mundo. Estos son los sistemas mas complejos y diversos del medio marino. Debido a su alta biodiversidad en ellos coexisten miles de especies que en conjunto representan todos los grupos de organismos marinos existentes. El término de biomasa, los arrecifes coralinos son el sistema más productivo del mundo (INECC, 2000).

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 aguas Mexicanas, los arrecifes se extienden desde el sur del Caribe Mexicano y se alargan de forma discontinua hasta Yucatán, Campeche y Veracruz (INECC, 2000).

En el Área Contractual 1 no existe presencia de arrecifes coralinos, tal como se observa en la Figura 6.35 al norte del Área Contractual 1, frente a las costas de Veracruz, se encuentran tres sistemas arrecifales encontrándose el más lejano a aproximadamente 490 km y el más cercano a 212 km del Área del Proyecto.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.35 Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 1

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 1 se encuentra dentro de la RMP N° 53 “Pantanos de Centla Laguna de Términos”, tal como se observa en la Figura 6.36. Esta RMP tiene una extensión total de 55,114 km² y se ubica entre las coordenadas 20°02'24" y 17°48'36" de Latitud Norte y -94°09' y 90°57'00" de Longitud Oeste. Posee un clima cálido húmedo costero y cálido subhúmedo oceánico, con lluvias en verano. Temperatura media anual mayor a 26°C. Ocurren huracanes, tormentas tropicales, nortes., siendo una zona de lagunas, playas, dunas, pastos marinos, esteros, islas. Su área se traslapa con la Región Marina Prioritaria Pantanos del Centla - Laguna de Términos. (CONABIO, 2016).

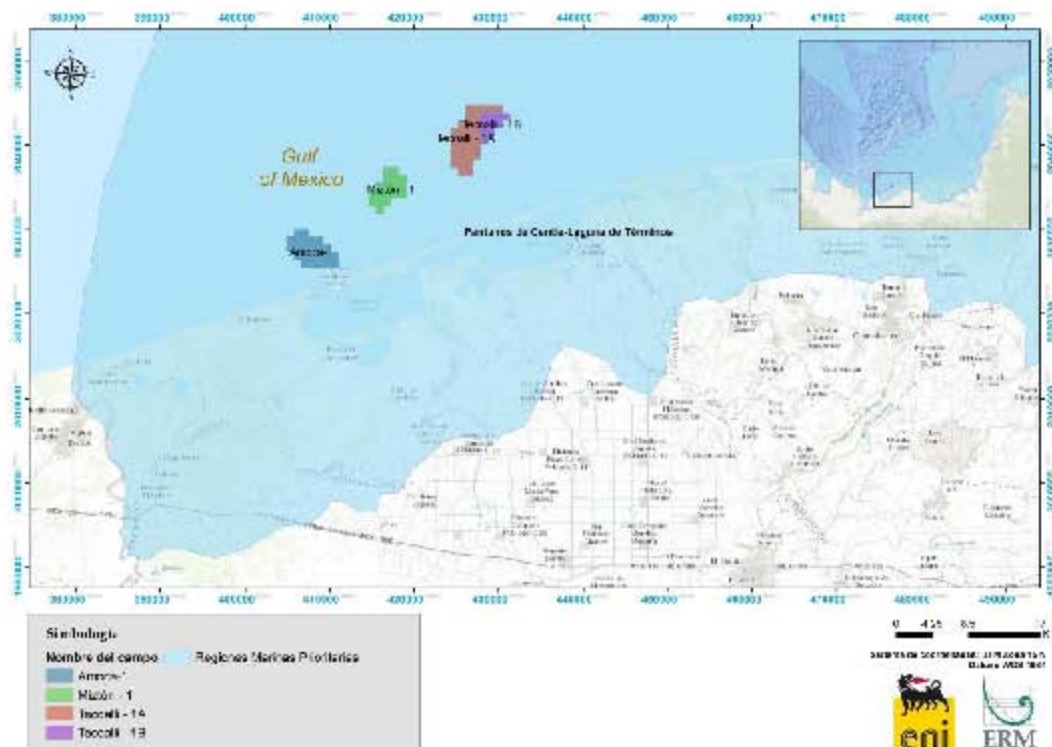


Figura 6.36 *Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 1*

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 Área Contractual 1 se ubica precisamente dentro del sitio denominado “Humedales Costeros y Plataforma Continental de Tabasco”, considerado como importante, tal como se muestra en la Figura 6.37.

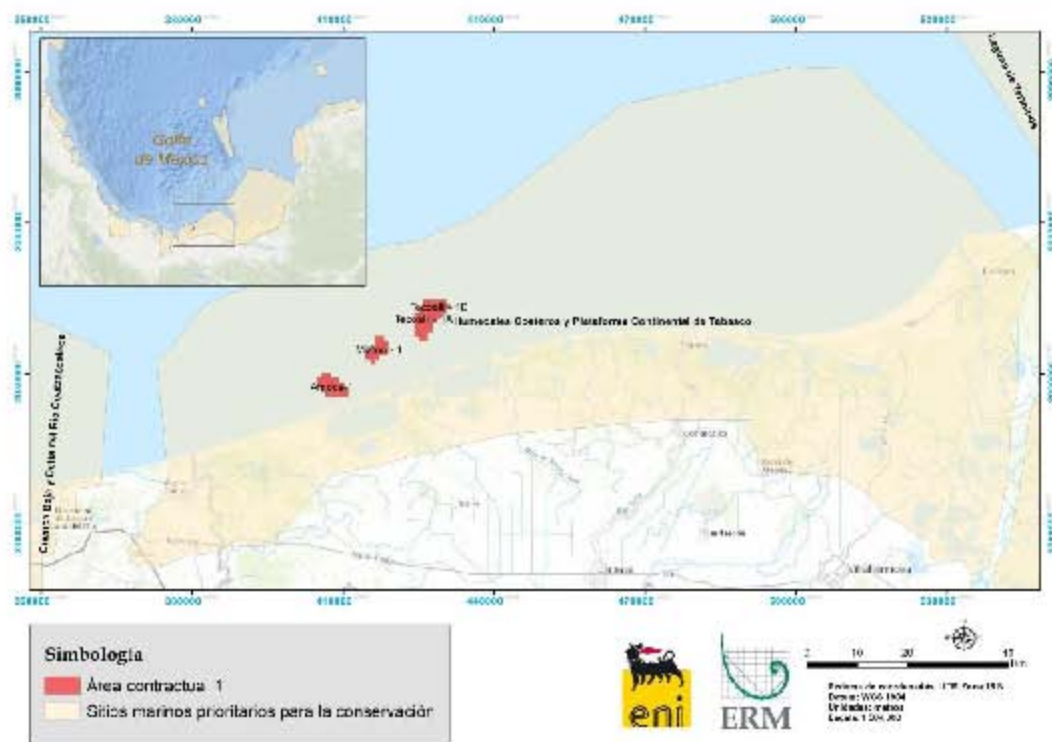


Figura 6.37 *Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 1*

6.5.1.3 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 1; la más cercana sería la Reserva de la Biósfera “Los Tuxtlas” en el estado de Veracruz, la cual se ubica a una distancia aproximada de 80 km del Campo Amoca del Área Contractual 1, tal como se observa en la Figura 6.38.

Cabe señalar que otras Áreas Naturales Protegidas son la Reserva de Biósfera de los Pantanos de Centla (ubicada a 90 km), además el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (a 126 km de distancia) ambos al este de la ubicación del Área Contractual 1 Campo Tecoalli.

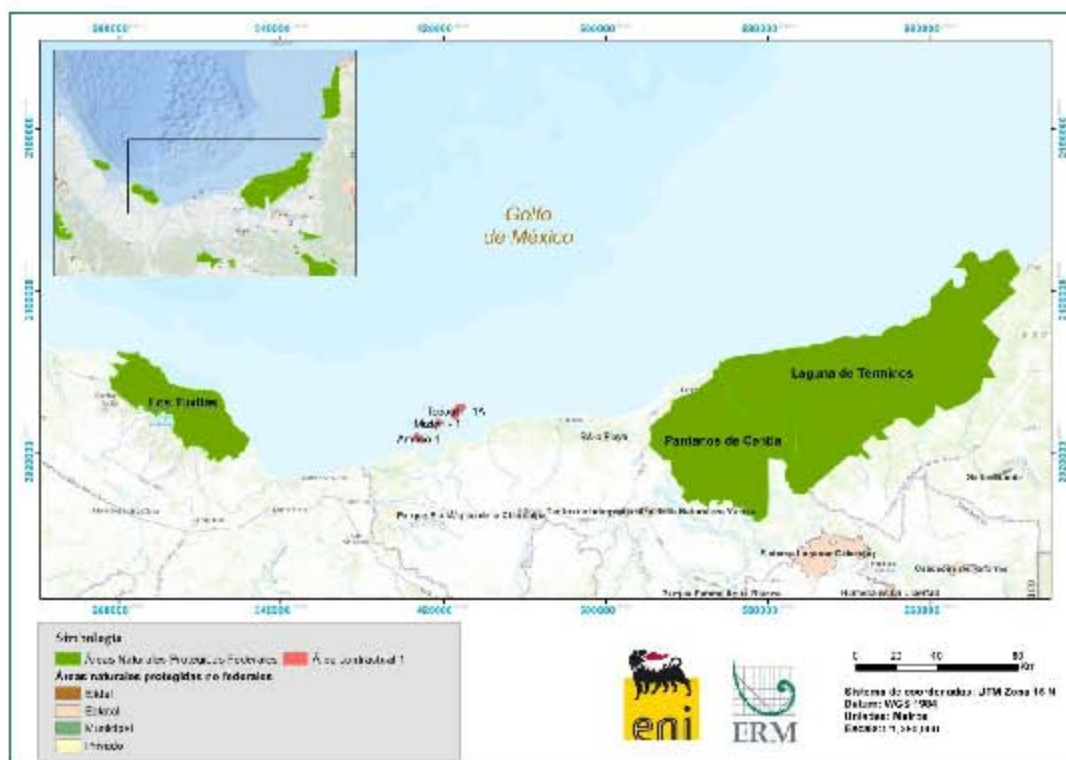
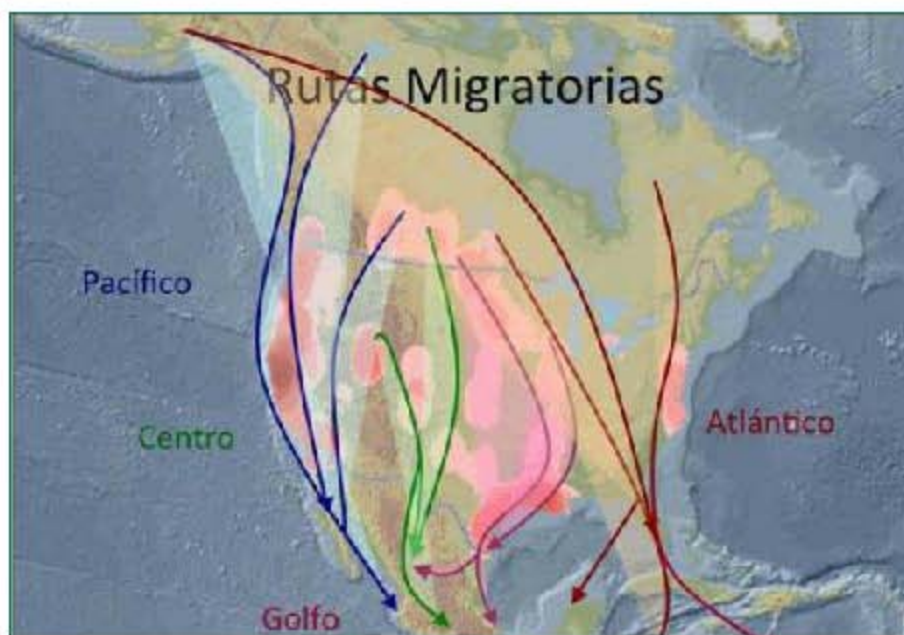


Figura 6.38 *Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 1*

6.5.1.4 *Rutas de migración de aves y mamíferos marinos*

Las aves migratorias de Estados Unidos y Canadá inviernan 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 6.39): la del Pacífico, la del Centro, la del Golfo y la del Atlántico (Berlanga y Rodríguez, 2010).



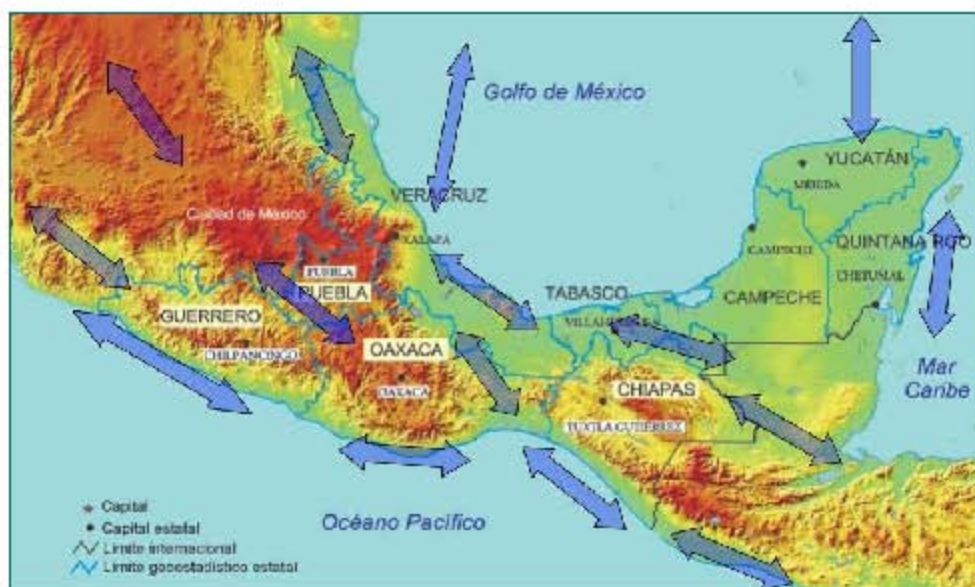
Fuente: Berlanga y Rodríguez, 2010

Figura 6.39 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 (ver Figura 6.40). 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 Tamiagua 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 6.22*.



Fuente: Íñigo-Eliás 2006.

Figura 6.40 *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 1.



6.6. Identificación de la Infraestructura Existente

6.6.1 Actividades Económicas

Las actividades que se desarrollan en las poblaciones cercanas son agricultura, ganadería, pesca, turismo y la industria del petróleo. La pesca constituye la principal actividad económica que se desarrolla en el Área Contractual 1 y sus inmediaciones.

6.6.1.1 Turismo

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).*

El turismo en Sánchez Magallanes es del tipo local y; como atractivo se encuentra la Barra de Santa Ana y el balneario “Ensueño del Trópico”. Los cuales tienen mayor afluencia turística durante los periodos vacacionales.

La erosión marina de la Villa y Puerto de Sánchez Magallanes, no tan solo destruye el litoral sino que con ello también se han cancelado fuentes de trabajo que se generaban por la actividad turística en la región pues de 6 restaurantes 2 han cerrado ya y los otros han registrado el desplome en sus ventas denunció

Una de las principales actividades laborales en el puerto, dijo que aparte de la actividad pesquera, la representaba la actividad turística, sin embargo ante los efectos devastadores de la erosión marina, dejó de llegar mucho turismo de los Estados vecinos y de los municipios de Tabasco, que tradicionalmente llegaban a pasear. Explicó que la llegada de familias a la Villa y Puerto, permitan generar fuentes de empleo, pero al registrarse el problema de la erosión marina por el fuerte oleaje del Golfo de México que comenzó a destruir la costa con ello también se inició la paralización

Nombre y ocupación eliminados por ser datos personales. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.



de la actividad laboral en todos los sectores productivos. En este contexto [REDACTED] afirmó que la Villa y Puerto, está en riesgo de desaparecer sino se actúa en forma rápida porque el Golfo de México continúa destruyendo y avanzando ante la falta de protecciones en la zona de playa que permitan frenar el fuerte oleaje en la que contribuye además los efectos del cambio climático que enfrenta el mundo en la actualidad.

6.6.1.2 *Agricultura*

No es una actividad principal en la región sin embargo se cultiva a menor escala maíz, frijol, sandía, naranja, limón, mango y coco.

6.6.1.3 *Ganadería*

En esta región la ganadería satisface la demanda local de carne y sus derivados, por lo que en la zona se pueden observar parcelas con numerosas cabezas de ganado.

6.6.1.4 *Industria Petrolera*

En la región se localizan campos petroleros productores como: Campo Magallanes, Cinco Presidentes y San Ramón.

6.6.1.5 *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).

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.

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.



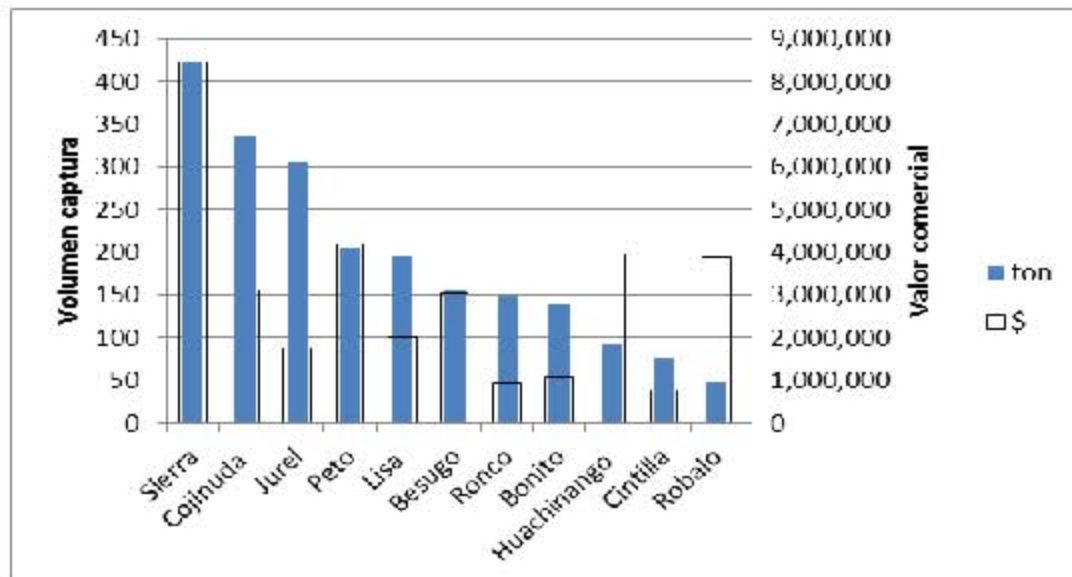
La principal problemática que enfrentan los pescadores ribereños en cuanto a la comercialización es la falta de integración del sector para evitar a los intermediarios, acortar la cadena y mejorar la rentabilidad de las capturas que, a su vez, dificulta la adquisición de equipo para mantener las redes 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 2015 de la oficina de pesca de Sánchez Magallanes.

En la región de Sánchez Magallanes el recurso pesquero se obtiene del sistema lagunar El Carmen-Pajonal-La Machona y de mar abierto. De aquí el recurso más explotado es el ostión proveniente del sistema lagunar y la sierra como pez de escama con valor comercial. En 2015 CONAPESCA reportó una ganancia de 39,727,912 millones de pesos de la captura de 2,411 toneladas de peces de escama para la región de Sánchez Magallanes.

En la Gráfica 6.51, se observa que la especie con mayores volúmenes de captura en la región de interés es la “sierra”; sin embargo, debido a su valor comercial el “robalo” y el “huachinango” representan un ingreso económico mayor por kg.



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

Gráfica 6.51 Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial

En la Tabla 6.52 se observan las características de la captura de las principales especies comerciales de peces.



Tabla 6.52 Características de la captura de las principales especies comerciales de peces

Especie	Unidad de esfuerzo	Arte de pesca	Talla (cm)	Profundidad (m)	Estatus	Regulación
Sierra	3-4	Red agallera	33	DD	AMS	
Cojinuda	2	Red de enmalle de 3 ½ a 5 pulg	18-44	DD	AMS	-
Jurel	2	Red de enmalle	18-44	10-40	AMS	-
Peto	3-4	Red Agallera, malla de 76.2 mm y 300 a 800 m de long	DD	DD	AMS	-
Lisa	2-4	Redes de enmalle o agallera y atarrayas.	38	DD	D	NOM-016-SAG/PESC-2014
Besugo	2-4	Palangre < 750 m de línea madre con hasta 250 anzuelos tipo garra de agüila	12-17	36	DD	NOM-065-PESC-2014
Ronco	3-4	Red agallera	33	DD	AMS	-
Borito	3-4	Red agallera	33	DD	AMS	-
Huachinango		Línea de mano y palangre huachanguero.	40		D	NOM-065-PESC-2014
Cintilla	2	Red de enmalle	18-44	10-40	DD	-
Robalo	2-4	Red agallera para robalo	DD	DD	AMS	-
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 Tabasco, desde las costas de la localidad de Cuauhtemoczin hasta los límites con el Municipio de Paraíso, tal como se observa en Figura 6.41.



Respecto al tipo de embarcación utilizado, como se ha mencionado anteriormente se realiza a bordo de embarcaciones menores o lanchas, las cuales tienen un arqueado bruto máximo de 1 tonelada y una eslora de hasta 10 m . Estas embarcaciones están provistas de un motor de 2 o 4 tiempos con potencias entre 40 y 60 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 contraincendios 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 6.53).

Todas las formas de asociación se rigen por la Ley General de Sociedades Cooperativas⁹, excepto la SSS y la SP que se rigen por la Ley General de

⁹ Última reforma publicada en 2009.



Sociedades de Solidaridad Social¹⁰ y la Ley Agraria¹¹ respectivamente. No existe literatura que detalle las diferencias de cada forma de organización y las razones por las que cada figura fue creada.

De acuerdo a los registros de CONAPESCA para el 2015, en Sánchez Magallanes hay un total de 62 cooperativas y 58 permisionarios.

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. La Tabla 6.53 resume la cantidad de organizaciones y sus miembros para el Estado de Tabasco que tiene 483 organizaciones y alberga 19,321 miembros.

Tabla 6.53 Formas de organización social y número de miembros por estado

Estado	No. de organizaciones			No. de miembros		
	Cooperativas	OFOS	Total	Cooperativas	OFOS	Total
Tabasco	341	142	483	15,345	3,976	19,321

Fuente: CONAPESCA, 2012.

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.

Formas de asociación en el Área Contractual 1

De acuerdo con lo que se reportó en campo, los pescadores que realizan faenas en el Área Contractual 1 pueden ser libres, trabajar para permisionarios o pertenecer a una sociedad cooperativa. Los permisionarios se organizan en federaciones, y funcionan como pequeños empresarios mientras que las cooperativas son organizaciones comunitarias compuestas por socios que se reparten en partes iguales. Los permisionarios son dueños de las embarcaciones y contratan a su tripulación: un patrón y tres pescadores. 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.

Por otro lado, las Sociedades Cooperativas se agrupan en Federaciones, y se componen de socios que son dueños de sus propias embarcaciones y en las cuales

¹⁰ Ley vigente publicada en 1976.

¹¹ Última reforma publicada en 2012.



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.

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. Cuentan con equipos ubicación (GPS) y de comunicación (radios) mediante la cual se comunican con Capitanía de puerto.

La faena de pesca se realiza durante un día y es realizada por 4 pescadores, los cuales utilizan diferentes artes de pesca, siendo la más utilizada el palangre, que permite capturar especies como el "huachinango", el "cazón", el "tiburón" y la "raya".

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.

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.

Por su parte los pescadores 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. Además, conforme va disminuyendo la pesca, los pescadores alargan sus redes para poder cubrir un área mayor.

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 norma oficial con el fin de resguardar los procesos de producción y reclutamiento por especie, lo anterior de acuerdo a la Ley General de Pesca y Acuicultura 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 6.54 se presenta información sobre las vedas de las principales especies comerciales capturadas en las inmediaciones del Área Contractual 1.

Tabla 6.54 Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 1

Nombre común	Robalo	Lisa
Especie	<i>Centropomus sp.</i>	<i>Mugil cephalus</i>
Tipo Veda	Temporal fija	Temporal fija
Zona	De la Barra de Chachalacas hasta la Barra de Tonalá	Zona norte del estado de Veracruz.
Periodo	Del 1 de julio al 15 de agosto.	Del 1 de diciembre al 31 de diciembre y del 1 de febrero al 28 de febrero.
Aplicación	DAC	FAC
FAC: fuera de la zona del Área Contractual 1		
DAC: dentro de la zona del Área Contractual 1		

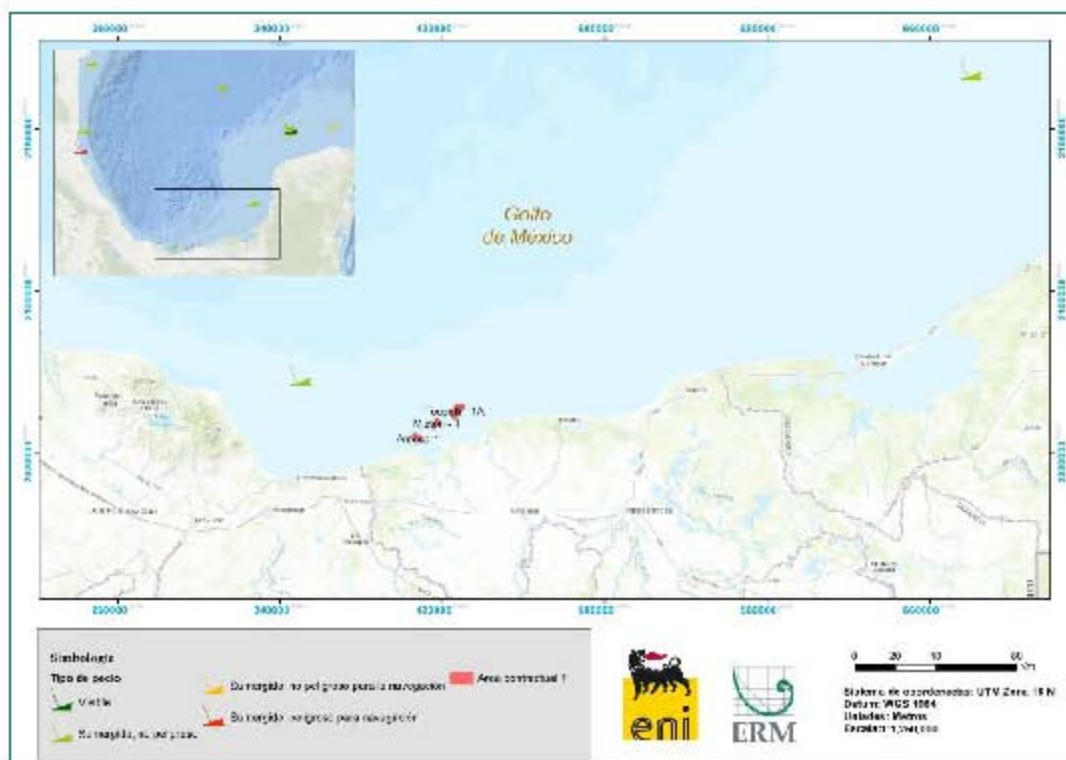
Fuente: SAGARPA, 2015

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 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 6.42 se muestran los naufragios cercanos al Área Contractual 1.



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

La presente sección considera los resultados de las evaluaciones ambientales realizadas en el Área Contractual 1 con el propósito de generar una línea base ambiental previa al inicio de las actividades petroleras, que permita identificar y registrar los daños ambientales y preexistentes. 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 1 forma parte de un sistema de importancia ecológica, pesquera e industrial debido a su diversidad de especies, su gran potencial pesquero y por la explotación de hidrocarburos. Más del 80% del petróleo y del 95% del gas natural nacional se producen en el Golfo de México (Lara-Lara *et al.*, 2008).

De acuerdo con la revisión bibliográfica, la zona recibe un importante aporte de agua continental a través de las descargas de los principales ríos de Norteamérica. Concretamente, la sección Mexicana recibe el 60% de la descarga nacional y posee



el 75% de la superficie de ambientes estuarinos (Botello, Villanueva, & Díaz, 1997).

La profundidad del Área Contractual 1 varía entre los 12 m y 30 m, siendo influenciada por las descargas del Río Coatzacoalcos dada su relativa cercanía.

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos evaluados: salinidad, pH, temperatura, concentración de oxígeno disuelto y turbidez se puede mencionar que el Área Contractual 1 presenta valores normales para las diferentes variables, dentro de los límites de los valores promedio para el Golfo de México. Adicionalmente, se pudo constatar la presencia de dos masas de agua oceánicas, condición esperada dadas las descripciones bibliográficas para el sitio de estudio.

Los niveles reportados de concentración de oxígeno disuelto y turbidez se encuentran también dentro de los rangos internacionalmente aceptados en la bibliografía para el Golfo de México.

En lo que concierne a los Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), los Hidrocarburos Aromáticos de Petróleo (HAP) y los Hidrocarburos Monoaromáticos Volátiles (BTEX), estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos. No se observaron películas oleosas durante la colecta de muestras de agua de mar. Sin embargo, cabe mencionar que, en el punto de muestreo M3 en el nivel de superficie (M3-S), se detectó 6.5 mg/L de hidrocarburos de la Fracción Pesada (C₂₈-C₄₀), lo cual podría ser originado por las propias descargas incidentales de las embarcaciones que circulan en el área de estudio, o por un derrame producto de las actividades hidrocarburíferas realizadas cerca de la zona de evaluación.

Para evaluar la concentración de nutrientes se tomaron en cuenta los siguientes compuestos: amonio (NH₄), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), fosfatos (PO₄) y silicatos (Si). La concentración de amonio se mantuvo en el rango de 0.027 a 0.155 mg/L, mientras que la de nitritos y nitratos varió entre 0.046 a 1.302 mg/L. Los valores de los silicatos- sílice, varió entre 0.270 a 0.761 mg/L y la de Silicatos - Silicio varió entre 0.126 mg/L a 0.714 mg/L. En tanto que los niveles de fosfatos varió entre 0.054 a 0.209 mg/L. No se evidenciaron condiciones de eutrofización en la columna de agua. No se observaron condiciones de eutrofización ni sectores marinos con coloración anómala asociados a eventos de "marea roja" o proliferación excesiva de microalgas.

Con respecto a los metales, el comportamiento general de las concentraciones presentes en el sedimento marino del Área Contractual 1 se resume en la siguiente relación: Fe>Mn, Zn>V>Li>Ba, Ni, Cu>Pb.

Las propiedades físicas del sedimento evaluadas fueron la granulometría y el contenido de materia orgánica (MO), reportándose que la fracción dominante fue



la arena respecto a la arcilla y el limo. No se percibieron condiciones de anoxia ni olor a sulfuro durante la colecta de muestras.

Con respecto a las aves marinas se determinó en 7 avistamientos efectivos un total de 17 individuos correspondientes a 4 especies, las cuales están agrupadas en 3 familias y 2 órdenes. La especie con mayor número de registros fue la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), seguida del “pelicano” (*Pelecanus occidentalis*). Cabe señalar la cercanía a la costa del Área Contractual 1 y, en especial, al Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA): los Humedales de Tuxtla (80 Km), área que puede ser usada por algunas especies pelágicas de avifauna.

En cuanto a mamíferos marinos encontrados en la zona, del Área Contractual 1 se identificaron dos especies: “delfín manchado pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) y la “torina” o “delfín pico de botella” (*Tursiops truncatus*). La presencia de estos depredadores tope sería un indicador de buena calidad del medio marino.

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; asimismo, los esfuerzos de avistamiento de fauna permitieron encontrar la presencia de una reducida lista de organismos que frecuentan el área de estudio.

No obstante, cabe señalar que mediante el análisis de las muestras colectadas en el área, fue posible registrar presencia de compuestos que evidenciarían influencia antrópica sobre el medio marino. Tal es el caso de las concentraciones de metales como hierro, zinc, cadmio, cromo, mercurio, vanadio y bario en la columna de agua. De igual manera, en sedimento se registraron concentraciones de níquel en concentraciones superiores al TEL; y detecciones de hierro, zinc, plomo, cobre, de vanadio, bario, litio y manganeso. La presencia de estos metales estaría ligada tanto a descargas continentales, provenientes posiblemente de las aportaciones industriales del río Coatzacoalcos y sus afluentes, como a las actividades petroleras cercanas a la zona.

Por tanto, es necesario considerar las fuentes de estos potenciales efectos y los posibles daños ambientales asociados.

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).

Durante las entrevistas realizadas con pescadores artesanales locales, estos manifestaron la disminución de las capturas de recursos hidrobiológicos. Si bien



es difícil determinar si esta condición es resultado de las actividades industriales, descargas o sobre explotación por parte de los pescadores, es necesario tomarlo en cuenta como una situación presente en el área.

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria la caracterización de la fauna íctica mediante actividades de pesca embarcada exploratoria en cuatro estaciones del área de estudio, se registraron 11 especies de peces y 03 especies de invertebrados marinos. Destacaron el “bagre” *Ariopsis felis*, “bandera” *Bagre marinus*, la “bota” *Ballistes capriscus*, la “cojinuda” *Carangoides bartholomaei*, “mojarra blanca”, la “sardina” *Harengula jaguana*, entre otros. Mientras que entre los invertebrados comerciales se identificaron: el “abulón” *Melongena melongena*, el “ostión” *Crassostrea virginica* y la “jaiba azul” *Callinectes sapidus*. Ninguna de ellas está incluida en alguna categoría de protección ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010). Mientras que en las lagunas, la laguna la Machona fue mas diversa que la laguna El Carmen, y destacan las especies: “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “sardina” *Harengula jaguana*, “bagre” *Ariopsis felis*, “jaiba azul” *Callinectes sapidus* y “abulón” *Melongena melongena*, “sargo” *Archosargus probatocephalus*, “mojarra blanca” *Diapterus auratus*, “mojarra rayada” *Eugerres plumiere*, “trucha pintada” *Cynoscion nebulosus*, “ronco amarillo” *Bairdiella chrysoura*, “quiebra cuchillo” entre otras.

No existen ANP en las inmediaciones del Área Contractual 1, la más cercana sería la Reserva de la Biósfera “Los Tuxtlas” en el estado de Veracruz, la cual se ubica a una distancia aproximada de 80 km del Campo Amoca del Área Contractual 1. Cabe señalar que otras Áreas Naturales Protegidas son la Reserva de Biósfera de los Pantanos de Centla (ubicada a 90 km), además el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (a 126 km de distancia) ambos al este de la ubicación del Área Contractual 1 Campo Tecoalli.

Es posible afirmar que la calidad ambiental en la zona se encuentra, en general, dentro de los parámetros reportados en la bibliografía; sin embargo, existe una clara afectación antrópica, que si bien no llega a ser del todo significativa, ni a sustentar una alteración directa debido a un sector económico específico, sí debe ser tomada en cuenta tanto como un antecedente a las actividades a realizarse en el Área Contractual 1, 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, y
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, y*
- *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), tal como se observa en la Tabla 6.55.

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 655 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
	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.



$I_{m\acute{a}xima}$ = El valor de la expresi3n en el caso de que los atributos se manifestar3n con el menor valor.

La evaluaci3n de da1os ambientales culmina con la asignaci3n de categor3as, de acuerdo a la significancia que estos representen para los factores ambientales, previos a la valoraci3n cualitativa de cada atributo (ver Tabla 6.56).

Tabla 6.56 *Categor3a de significancia de da1os ambientales*

Categor3a	Interpretaci3n	Intervalo de valores	
No relevante	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes y factores que no comprometen la integridad de los mismos.	Menora	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.	Mayora	0.66

Fuente: ASEA 2015.

Habiendo establecido lo anterior se construy3 la matriz donde se presentan los resultados de la valorizaci3n de los impactos ambientales (ver Tabla 6.57). Cada da1o est3 relacionado a un c3digo el cual fue construido utilizando las primeras letras de cada origen del da1o, seguido por el componente al que afecta y factor; lo anterior con el fin de ubicarlo en la matriz y en la descripci3n.

Ejemplo:

Da1o ambiental: **ACD** Disminuci3n en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales

A= Abi3tico

C= Columna de agua

D= Descarga de aguas continentales



Tabla 657 Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 2

Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/-/x)	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	(+/-/×)	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	Problema de vuelo en 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



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	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
	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



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/-/x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Aves	FAA	Modificación del hábito de las aves derivado de vuelos de reconocimiento	-	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	14	0.08	No 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
	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



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/-/x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Pesca	PCE	Restricciones para la explotación pesquera de ciertas especies de organismos acuáticos	-	3	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	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

Las descargas de aguas continentales provenientes principalmente de los ríos aportan contaminantes constantemente al mar (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004). El aporte de aguas proveniente del Río Coatzacoalcos es uno de los principales para el Golfo de México. Este cuerpo de agua tiene una longitud de 193.2 km y recibe principalmente aportaciones de agua del río Calzadas, del arroyo Golapapa, Teapa y la Laguna Pajaritos antes de desembocar en el Golfo de México aportándole a este 28,679 m³ de agua al año (río con el tercer mayor aporte de agua al Golfo de México). La sección del Coatzacoalcos conocida como Golapapa- Teapa cuenta con una longitud de 21 km y un caudal de 372 m³/s es la parte del río que desemboca en el Golfo. En esta sección del río se reciben descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal entre las que se encuentran 1.97 ton/d de materia orgánica como demanda bioquímica de oxígeno y 28.8 ton/d como demanda química de oxígeno (SEMARNAT, 2007). En la Tabla 6.58 se puede apreciar el contenido de estas descargas únicamente de la zona que desemboca al Golfo de México.

Tabla 658 Carga de contaminantes del Río Coatzacoalcos

Contaminante	Cantidad kg/d
Grasas y aceites	107
Sólidos suspendidos totales	1,023
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	1,974
Nitrógeno total	211
Fósforo total	11.4
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	25.9
Demanda química de oxígeno	14,137
Cadmio	0.22
Cobre	1.33
Cromo	0.35
Níquel	0.97
Plomo	1.96
Zinc	2.87
Cianuros	1.36
Nitrógeno amoniacal	32.7
Fenoles	0.15



<i>Contaminante</i>	<i>Cantidad kg/d</i>
Sulfatos	589
Fierro	390.8
Benceno	1.67
Tolueno	0.85
Etilbenceno	0.81
Xilenos	0.26
Bifenilos policlorados	0.07

Fuente: (SEMARNAT, 2007).

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 (Acenafeno, 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 principales¹², afectan la calidad del agua.

Durante esta evaluación ambiental, los valores de turbidez se encontraron en el rango de 0.86 a 1.75 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.

Por otro lado, en los muestreos de agua de mar realizados dentro del Área Contractual 1 se detectó la presencia de Bario, Cobre, Cromo, Estaño, Mercurio,

¹² PEMEX, "Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional" "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3"



Plomo y Zinc. Solo dos metales fueron detectados en tres muestras superando los límites referenciales, el cadmio, fue detectado en dos muestras M1-M en un concentración de 0.0004 mg/L y A2-S en una concentración de 0.0003 mg/L; las cuales exceden el criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (Cadmio = 0.00012 mg/L). Y Hierro, en la estación E3 -F presentó una concentración de 0.0514 mg/L, superando ligeramente la norma internacional de la NOAA (Hierro = 0.0500 mg/L). La presencia de estos metales puede deberse a las actividades petroleras en el área aunque no se puede descartar que el impacto provenga de las descargas continentales acarreadas mar adentro por las corrientes marinas.

Este daño se categorizó como moderadamente relevante debido principalmente a que la descarga de aguas continentales es una actividad constante.

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, 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. Este impacto es moderadamente relevante.

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, Marine Benthic Hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna, 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. Las comunidades bentónicas se ven directamente afectadas por la presencia de sustancias ajenas. En el caso de esta área de estudio, fue posible identificar concentraciones de hierro, zinc, cadmio, plomo, cobre, mercurio, níquel, vanadio, litio y manganeso en el sedimento. Esto, además de evidenciar alteraciones antrópicas, puede ocasionar un daño de moderado a relevante en las comunidades bióticas del fondo marino.



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.

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 Coatzacoalcos se encuentra la Petroquímica Pajaritos en el cual se producen derivados clorados; el complejo Petroquímico Cangrejera el cual cuenta con un área fraccionadora de hidrocarburos, de etileno y el área de producción de aromáticos y el Complejo Petroquímico Morelos en la cual se producen productos como óxido de etileno, acetaldehído, glicoles etilénicos, acrilonitrilo, polipropileno y polietileno de alta densidad (PEMEX, 2014). Adicionalmente a esto se encuentra el Puerto de Coatzacoalcos en el cual se localiza la Laguna Pajaritos, dicho cuerpo de agua se ubica en la margen derecha del Río Coatzacoalcos y forma parte de la infraestructura del puerto. Laguna Pajaritos es una terminal para el manejo de carga general y especializada para el movimiento de contenedores en el tráfico de altura.

Adicionalmente a la infraestructura en tierra, PEMEX en la Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3" determinó que en el área del Proyecto Integral CLM-F3 (localizado en el Área Contractual 1) y zonas aledañas hay presencia de sustancias contaminantes, como plaguicidas, metales pesados, hidrocarburos y metales traza.

No obstante, no se registró presencia de HAPs, BTEX, COV o HC en las muestras analizadas, por lo que los efectos relacionados fueron clasificados entre moderadamente relevantes a no relevantes. Sobre esto se puede mencionar que, en el punto de muestreo M3 en el nivel de superficie (M3-S), se detectó 6.5 mg/L de hidrocarburos de la Fracción Pesada (C28-C40), lo cual podría ser originado por las propias descargas incidentales de las embarcaciones que circulan en el área de estudio, o por un derrame producto de las actividades hidrocarburíferas realizadas cerca a la zona de evaluación. Esta situación no es infrecuente,



especialmente en zonas que presentan tráfico marino y actividades hidrocarburíferas costa afuera, por lo cual, su atributo de regularidad e intensidad fue valorada como de nivel medio.

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 1 no se detectó la presencia de hidrocarburos. Con relación a metales únicamente se registró hierro en dos muestras y cadmio en una en condiciones superiores al límite de cuantificación y al estándar de comparación. 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.

SCP Contaminación de los sedimentos por actividades petroleras.

Los resultados de las muestras de sedimento obtenidas en el Área Contractual 1 no mostraron HTP, HAP ni BTEX en concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Por lo contrario algunos metales sí presentaron excedencias. El níquel excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial, TEL) establecidos en la SQuiRTs de la NOAA en cinco de las 10 estaciones de muestreo. La presencia de metales como el bario, plomo y zinc en los resultados de laboratorio correspondientes a la totalidad de puntos de muestreo, podrían ser indicador de que su presencia responde a la propia geoquímica del golfo, además de los aportes de origen antrópico que estarían aportando el aforo de los ríos y las actividades propias de la industria del petróleo, específicamente la descarga de cortes y lodos que podrían haberse dado de manera incidental. Sin embargo a pesar de presentarse dichos metales en el sedimento del área de estudio, las concentraciones detectadas se encuentran por debajo de los niveles guías de referencia y no representarían de mayor riesgo para el ecosistema.

Con base a la dinámica de las corrientes en el Área Contractual 1 y al tipo de sedimentos encontrado, los patrones de sedimento suspendido se mueven hacia el oeste transportado por la corriente costera que se dirige hacia la misma dirección y por las olas en la zona de rotura. Sin embargo, a finales de los meses de verano y otoño, el sedimento podría ser capturado por los giros ciclónicos-anticiclónicos y moverse hacia el noreste. Esto favorece la incorporación de los



contaminantes provenientes del río hacia el Golfo y extiende la pluma de los mismos y por ende, el arrastre de sus contaminantes.

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 Coahuila 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.

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 relevante.

Por otro lado, en diciembre de 2011 se originó un derrame de 1,500 barriles de petróleo los cuales afectaron el margen izquierdo del Río Coahuila lo que provocó que los pescadores de peces de escama del Golfo suspendieran sus actividades para evitar que las embarcaciones y redes se mancharan (Robles, 2012).



Meses después, en abril de 2012 manchas de chapopote localizadas frente a las playas de Jicacal, Veracruz provocaron que al menos 300 pescadores y diversas sociedades cooperativas y permisionarios se vieran afectados por el hidrocarburo al provocar que ciertas especies de peces se movieran lejos de la costa (Sexenio, 2012).

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 relevante.

6.8.3.3

Daños ambientales y sociales derivados de actividades antropogénicas

ACA Disminución en la calidad del agua de mar por el vertido de agua de lastre.

Coatzacoalcos es uno de los puertos y rutas petroleras más importantes del país por lo que se produce una gran cantidad tráfico de embarcaciones mayores. Estas embarcaciones liberan lastre a la columna de agua el cual comúnmente contiene hidrocarburos así como flora y fauna exóticas aportando contaminantes al ambiente marino (Guerrero Hernández, 2014). 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.

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.

Durante la campaña de pesca fue posible obtener información por parte de los pescadores indicando que las zonas de exclusión requeridas para la industria petrolera impactan directamente con sus actividades, limitándoles y restringiendo la obtención del recurso pesquero.

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 aturden 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 desde las costas de Jicacal hasta Coatzacoalcos, Veracruz 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 van desde Jicacal hasta la barra de Tonalá, Veracruz 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 de este daño a la industria pesquera, este daño es moderadamente relevante.

Durante la campaña de campo se recibió información sobre actividades de prospección sísmica en zonas cercanas al área de estudio. Estas actividades desplazan naturalmente a los mamíferos a otras zonas, reduciendo su abundancia en los lugares donde se realizan los estudios sísmicos.

6.8.3.4 *Sobreexplotación del recurso pesquero*

FNE/PCE Variaciones en la población por sobreexplotación del recurso pesquero y las restricciones derivadas de ésta.

La captura de organismos a través de la pesca artesanal representa más del 50% 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 1 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.

Esta condición fue constatada en campo dado el bajo volumen de pesca observado en el bloque a pesar de la utilización de artes de pesca compuestas por pescadores experimentados y conocedores del área.

6.8.3.5 Conclusiones

Con base en los datos revisados anteriormente se puede dar un orden de Componentes Ambientales afectados principalmente al día de hoy como se indica a continuación en la Tabla 6.59:

Tabla 6.59 *Componente ambiental por incidencia*

<i>Componente Ambiental por incidencia</i>	<i>Actividades que afectan al componente ambiental</i>
Columna de Agua	Descargas de aguas continentales Actividades de la industria petrolera Actividades antropogénicas Generación de desechos marinos
Pesca	Actividades de la industria petrolera Actividades antropogénicas Sobreexplotación de recursos pesqueros
Fitoplancton	Descarga de aguas continentales Actividades de la industria petrolera
Ictiofauna y	Descarga de aguas continentales
Bentos	Descarga de aguas continentales
Sedimentos	Actividades de la industria petrolera

Fuente: ERM, 2016

Por lo tanto podemos concluir que el Componente Ambiental mayormente afectado en este momento y que requiere mayor atención en cuanto a medidas de mitigación es la columna de agua, seguido de cerca por la actividad pesquera que se ve afectada principalmente por 4 actividades que actualmente se realizan en la



zona; finalmente es necesario considerar que el fitoplancton, la fauna íctica, el bentos y los sedimentos presentan muestras de haber recibido impactos por las actividades mencionadas en el pasado, por lo que conviene tener en cuenta dichos hallazgos, en la etapa de la aplicación de medidas.

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 rivereños 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 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Información de personas locales eliminada por contener datos personales. Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

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-L02-A1/2015, 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 así como un análisis de las condiciones del agua y sedimento en base a las observaciones en campo y a los Estudio Ambiental para el Área Contractual 1 en el Golfo de México



resultados de laboratorio con el fin de determinar si existe algún daño preexistente (pasivo ambiental).

6.9.1 *Infraestructura pre-existente*

Con base en la información proporcionada por la CNH a Eni, se conoce la existencia de tres pozos perforados anteriormente por PEMEX en el Área Contractual 1. Estos pozos se denominan Amoca-1, Miztón-1 y Teocalli-1 y se localizan en las siguientes coordenadas que se indican en la Tabla 6.60.

Tabla 6.60 Localización de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Teocalli-1

<i>Blo que</i>	<i>Ubicación (co ordenadas UTM 15 Sur)</i>	
Amoca-1	-93.8750	18.3583
	-93.8750	18.3500
	-93.8583	18.3500
	-93.8583	18.3417
	-93.8500	18.3417
	-93.8500	18.3333
	-93.8417	18.3333
	-93.8417	18.3167
	-93.8833	18.3167
	-93.8833	18.3250
	-93.8917	18.3250
	-93.8917	18.3333
	-93.9000	18.3333
	-93.9000	18.3500
	-93.8917	18.3500
	-93.8917	18.3583
Miztón -1	-93.7750	18.4250
	-93.7750	18.4167
	-93.7667	18.4167
	-93.7667	18.3917
	-93.7833	18.3917
	-93.7833	18.3833



<i>Blo que</i>	<i>Ubicación (co ordenadas UTM 15 Sur)</i>	
	-93.7917	18.3833
	-93.7917	18.3750
	-93.8000	18.3750
	-93.8000	18.3833
	-93.8083	18.3833
	-93.8083	18.4000
	-93.8000	18.4000
	-93.8000	18.4083
	-93.7917	18.4083
	-93.7917	18.4250
Tecoalli-1	-93.6750	18.4500
	-93.6833	18.4500
	-93.6833	18.4833
	-93.6583	18.4833
	-93.6500	18.4833
	-93.6500	18.4750
	-93.6583	18.4750
	-93.6583	18.4667
	-93.6667	18.4667
	-93.6667	18.4583
	-93.6750	18.4583
	-93.6917	18.4167
	-93.7083	18.4167
	-93.7083	18.4250
	-93.7167	18.4250
	-93.7167	18.4667
	-93.7083	18.4667
	-93.7083	18.4750
	-93.7000	18.4750
	-93.7000	18.4833
	-93.7000	18.4917
	-93.6583	18.4917
-93.6833	18.4333	



Blo que	Ubicación (co ordenadas UTM 15 Sur)	
		-93.6917

El Proyecto Amoca, Tecoailli, y Miztón (ATM) es un nuevo desarrollo en el sector superficial del Golfo de México, situada a unos 20 km de la ciudad de Sánchez Magallanes en el estado de Tabasco. Los sitios están a una profundidad de agua de 20 metros a 40 metros. El área fue entregada durante la segunda fase de la Ronda 1 y tiene 800 Mb y 480Bf3 (13.6Bm3) de gas asociado. Se espera que Miztón ofrezca 71MB de reservas 3P.

Amoca

El descubrimiento Amoca está delimitado por una zona contractual de 19,5 km². El pozo Amoca-1 fue realizado por PEMEX en 2003 en donde se descubrieron dos niveles diferentes de mineralización en el depósito clástico: la primera en las secuencias del Plioceno medio (Orca Play) con un aceite API de 16° -18° y una en el Plioceno inferior secuencias (Cinco Presidentes jugar) con un aceite API ° 27° - 28. El campo Amoca se ubica aproximadamente a 61 km al N70°E del Puerto de Coatzacoalcos, Veracruz, y a 5 km de la línea de costa frente a la Laguna de Sánchez Magallanes (CNH, 2012).

En octubre de 2002 se inició la perforación del pozo a una profundidad total medida de 3850 metros (profundidad del agua: 29 metros) en una ubicación a 5 km de la costa. El pozo se perforó adyacente entre dos estructuras de sal. Se completaron cinco intervalos separados, ambos al lado y por encima del cuerpo de sal y se probaron todos los niveles. El pozo fue taponado y abandonado permanente. El revestidor de 13-3/8 y 9 5/8 fue cortado y removido en junio de 2003.

Metodología de abandono:

Después de las pruebas realizadas al pozo, no se realizó ni cementación forzada en las perforaciones de 3543 a 3559 ni se colocó un tapón de cemento de 100 m a través de estas, de acuerdo con STAP P-1-M-26264 4.2.3.

Según el procedimiento P-1-M-26264 4.2.5, no hay tapón de cemento que se extendiera desde 50 metros por debajo de y a 100 m por encima del equipo de revestimiento superior. En lugar de ello, había un tapón de cemento de 150 m colocado completamente por encima de la parte superior del revestimiento (encima del revestimiento de 5½" de 2850 - 3000 m). Del mismo modo se abandonó la parte superior del revestimiento de 7 5/8" a 1385 m con perforaciones y un retenedor de cemento (colocado @ 1160 m) por encima de la



parte superior de revestimiento con forzamiento de cemento en perforaciones por encima de la parte superior del revestimiento.

Teocalli

El descubrimiento Teocalli tiene un área contractual de 33,4 km² y organizado en dos áreas con diferentes limitaciones contractuales: polígono A puede ser explorado en forma ilimitada y Polígono B puede ser investigado por Eni, a excepción de las formaciones geológicas que eran el blanco del pozo Teocalli 1001. PEMEX hizo el descubrimiento en 2009 gracias al pozo Teocalli-1 que encontró aceite API de 28,7 ° en las secuencias Plioceno inferior. El campo Teocalli se localiza aproximadamente a 55 km al noroeste de la Terminal Marítima Dos Bocas (CNH, 2012).

En enero de 2008 se inició la perforación del pozo a una profundidad total medida de 3930 metros (profundidad del agua: 33 metros) en una ubicación a 11.6 km al noreste del pozo Amoca-1. Se obtuvieron seis núcleos de 9 metros en profundidades que oscilaban de 3210 a 3772 metros. Se completaron 2 intervalos separados y se realizaron pruebas de producción. Se abandonó el pozo en julio de 2008 y se incluyó la eliminación de los revestidores de 9 5/8", 13 3/8", 20" y 30". Se colocó un tapón de corrosión de 30" en el pozo a 2 metros por encima de la línea de lodo.

Metodología de abandono:

Después de las pruebas realizadas al pozo, no se forzó cemento en las perforaciones del revestidor de 3384 a 3559 m ni se colocó un tapón de cemento de 100 m a través de las perforaciones de acuerdo con STAP P-1-M-26264 4.2.3. En lugar de ello, hay un retenedor de cemento colocado a 3000 m con cemento en el tope del mismo.

Según el procedimiento P-1-M-26264 4.2.5, no había tapón de cemento que se extendiera desde 50 metros por debajo de y a 100 m por encima del equipo de revestimiento superior. En lugar de ello, había un tapón de cemento de 150 m colocado completamente por encima de la parte superior del revestimiento

Mitzón

El descubrimiento Mitzón tiene un área contractual de 14,5 km². En 2013, los pozos de PEMEX investigaron la secuencia clástica del Plioceno Medio (parte inferior del juego Orca) encontrando aceite (33 ° API) y gas asociado en tres capas principales mineralizadas.

La perforación del pozo se inició en diciembre de 2012 y se perforó a una profundidad total de 3308 metros. Sin embargo, el pozo original requirió la perforación de un pozo lateral (bypass) cuando se atascó el colgador del revestidor colgante de 7 5/8" después de las operaciones de cementación. El bypass se perforó a una profundidad total de 3260 m (profundidad medida).



Durante las operaciones de abandono, el revestimiento de 30" no pudo ser liberado del sistema del soporte de la línea de lodo, lo que derivó en la necesidad de cortar físicamente el conductor de 30" a 6.80 metros por encima del fondo marino (profundidad del agua: 32.92 metros). La obstrucción resultante en aguas relativamente poco profundas se debe documentar claramente para cualquier actividad futura tal como la construcción de una plataforma, instalación de la línea de flujo, peligro superficial / trabajo de evaluación del lugar, etc. Las operaciones de abandono se concluyeron en junio de 2013.

Metodología de abandono:

No hay tapón de cemento colocado justo encima de la zapata del revestimiento de producción de 7-5 / 8" (de acuerdo con STAP P-1-M-26264 4.2.2) Después de las pruebas realizadas al pozo, éste se abandonó con un tapón de hierro instalado a 2650 m con 150 m de cemento colocado el tope (tope de cemento a 2500 m). De acuerdo con el procedimiento STAP P-1-M-26264 4.2.3 el requisito es que la zona perforada se aisle por forzamiento de cemento o con un tapón de cemento de 100 cm a través de las perforaciones (2948 - 2968).

Según el procedimiento P-1-M-26264 4.2.5, no había tapón de cemento que se extendiera desde 50 metros por debajo de y a 100 m por encima del equipo de revestimiento superior. En lugar de ello, había un tapón de cemento de 150 m colocado completamente por encima de la parte superior del revestimiento.

Geológicamente, estos pozos se encuentran en la prolongación hacia el mar de la Cuenca Salina de Istmo, la cual se caracteriza por tener campos productores de hidrocarburos en estructuras asociadas a intrusiones de cuerpos salinos. La investigación bibliográfica indica que los campos Amoca y Teocalli fueron explorados nuevamente en 2011 como parte del Proyecto de Explotación Coatzacoalcos Marino (CNH, 2012).

6.9.2

Información de las condiciones ambientales históricas

Información pública de la Manifestación de Impacto Ambiental elaborada por PEMEX¹³ para la extracción de hidrocarburos en diversos campos petroleros, entre ellos el Amoca y Teocalli, indica que se llevaron a cabo estrategias preventivas y se realizaron medidas de mitigación para evitar tener impactos significativos en el entorno marino.

Asimismo, de acuerdo con la información incluida en la Manifestación de Impacto Ambiental y en base a la información bibliográfica consultada en ella, se determinó que en el área del Proyecto Integral CLM-F3 (que es donde se ubica el Área Contractual 1) y zonas aledañas (lagunas costeras, estuarios y ríos), hay

¹³ PEMEX, "Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional" "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3"



presencia de sustancias contaminantes, como plaguicidas (Heptacloro, Dieldrin, Endosulfan, entre otros), metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo, Níquel, Cobre y Hierro), 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.

La zona costera recibe las descargas de aguas negras de los municipios ribereños y de la parte alta de las cuencas a través de los ríos, conteniendo exceso de materia orgánica, coliformes, detergentes, cloros, desechos agroquímicos e industriales, por mencionar algunos; los cuales alteran los ciclos biogeoquímicos indispensables para el desarrollo de la vida acuática.

Por otro lado, las actividades de diversas empresas industriales, como el Complejo Petroquímico Morelos y Cangrejera, la Petroquímica Pajaritos, entre otras, descargan metales pesados e hidrocarburos al río Coatzacoalcos. La Manifestación de Impacto Ambiental igualmente indica que se han realizado estudios que demuestran el efecto en algunas especies como ostiones, peces y almejas que causan algunos daños en tejidos y en la capacidad de los organismos filtradores.

Por otro lado, de acuerdo con Mendoza Quintero-Mármol, A., Herrera Rodríguez, M. y Olguín Pascualli, G (2003, mencionado en PEMEX¹⁴), 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.

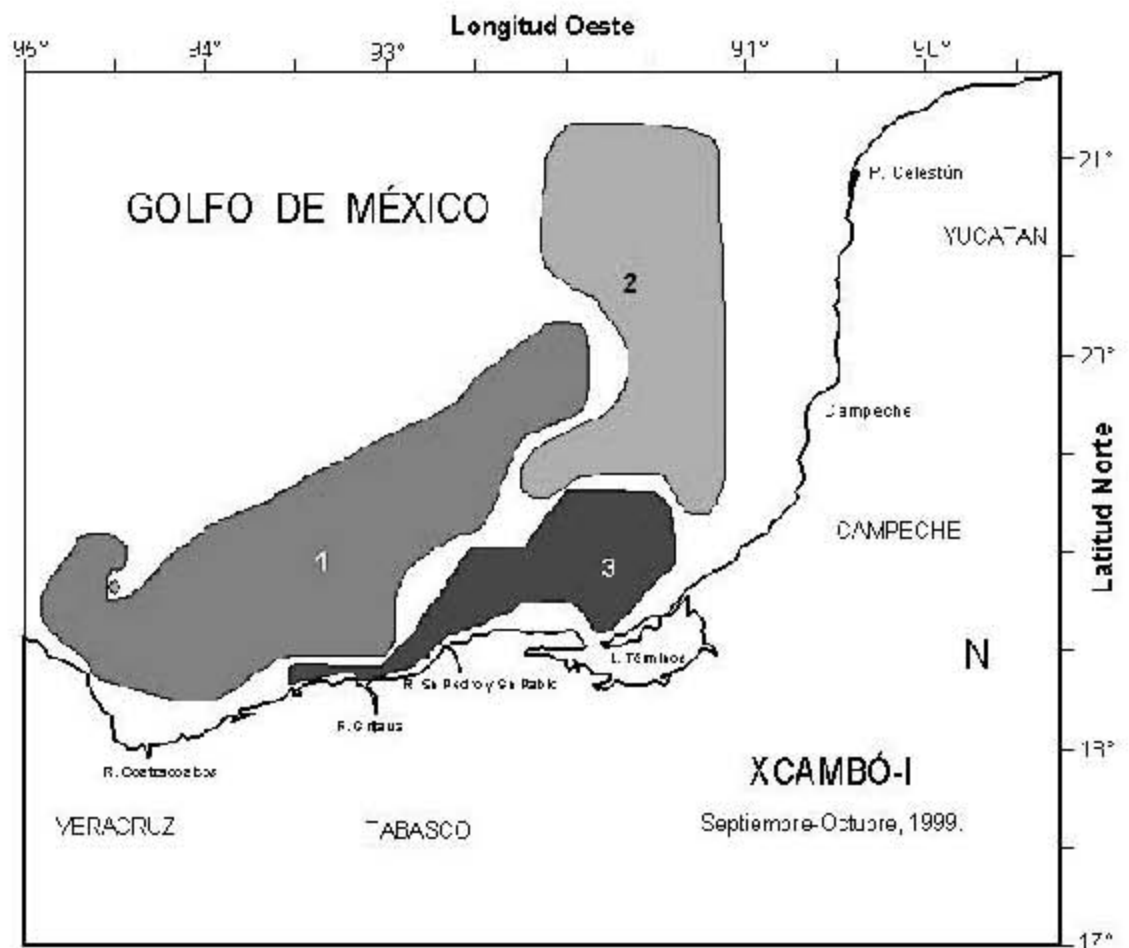
Una descarga adicional es la del agua de formación que proviene del proceso de deshidratación del aceite crudo, el cual sólo se realiza en las instalaciones de la Terminal Marítima Dos Bocas, con un volumen estimado de 6,000 m³/año (IMP *et al.*, 2002). Esta agua es tratada y en su mayoría se reinyecta al subsuelo a través de pozos no productivos.

¹⁴ PEMEX, "Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional" "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3



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 1 se encuentra localizada adyacente a la Zona 1 (Figura 6.43).



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.

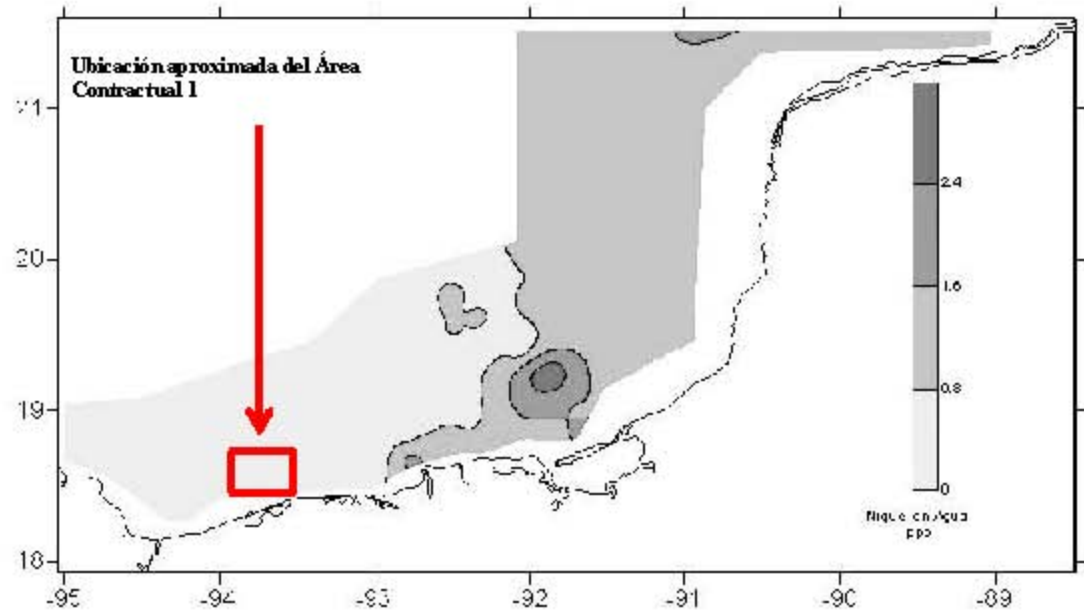


En cuanto a las principales sustancias contaminantes comúnmente asociadas a la industria petrolera son los hidrocarburos y algunos metales pesados. La información histórica indica que en general las concentraciones de hidrocarburos disueltos en agua han sido bajas y se asocian principalmente a las descargas 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 (IMP *et al.*, 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 (IMP *et al.*, 2002).

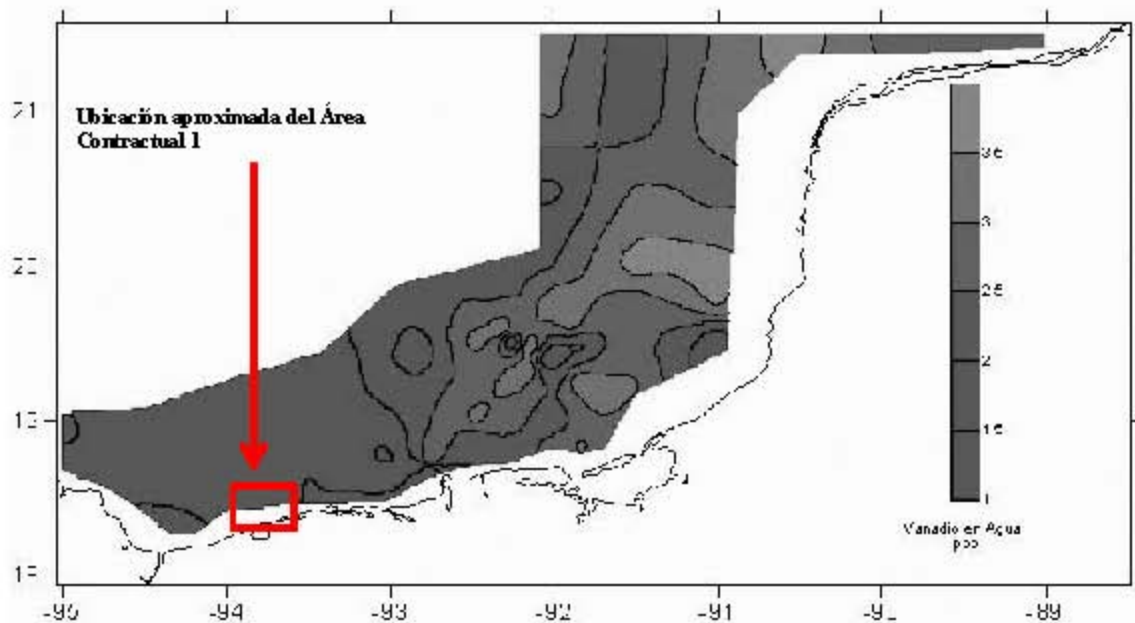
Con relación a los metales pesados disueltos en agua, los resultados de las últimas campañas oceanográficas realizadas en 2002 indican que tanto en la capa superficial como en la de fondo, las concentraciones son similares a las reportadas para otras regiones marinas y los niveles se encuentran dentro de los límites establecidos en los criterios ecológicos nacionales (IMP *et al.*, 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 0.00111y 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 y Figura 6.45).



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*.

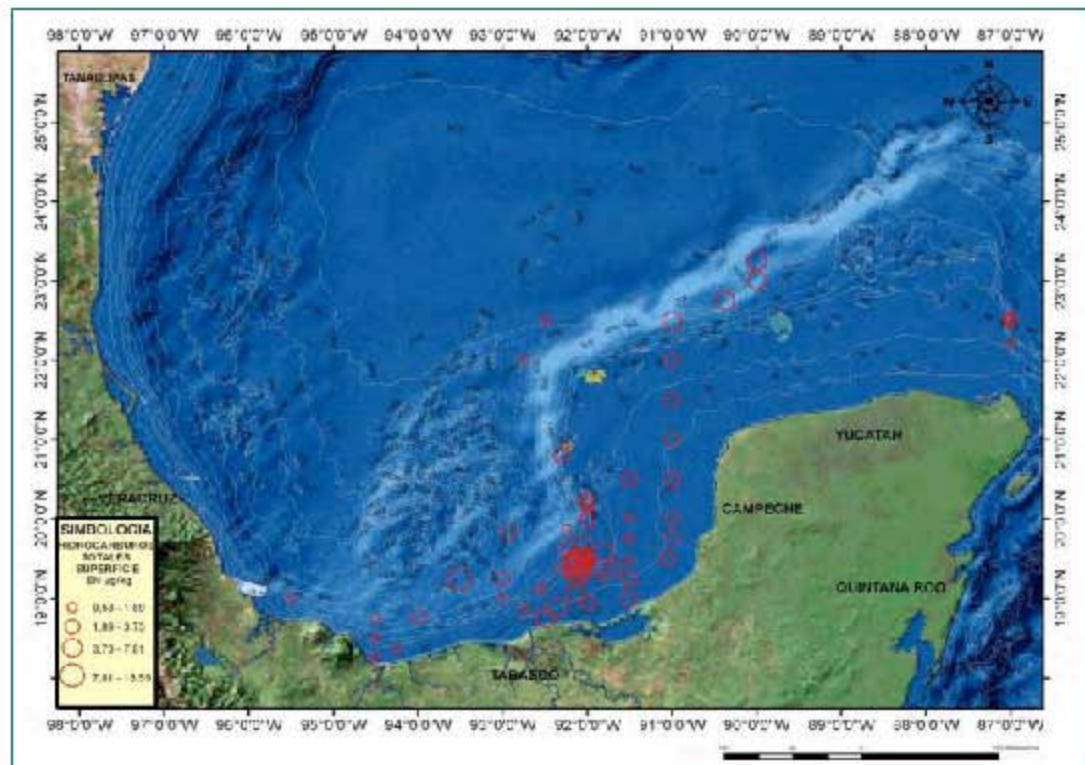
Figura 6.45 Distribución espacial de vanadio disuelto durante la campaña 2001.



En el Golfo de México se han investigado los HTP con anterioridad, estudios de PEP-UNAM (2003) durante el 2005 a 2008 señalan que unos kilómetros mar adentro, frente a la laguna Carmen-Machona, el agua superficial presenta concentraciones de hidrocarburos totales menores a 0.00189 mg/kg (ver Figura 6.46).

Sin embargo, en el Área Contractual 1, se detectó únicamente HTP-Fracción Pesada en la muestra superficial M3-S en una concentración de 6.50 mg/L, la cual excede el límite establecido por UNESCO que es 0.01 mg/L.

En el resto de las muestras no se detectaron concentraciones por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio.



Fuente: PEP-UNAM, 2005-2008

Figura 6.46 Concentración de HTP en el Área Contractual 1.

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 (PEMEX - UNAM, 2003). Esto también se ha observado a través de registros de plaguicidas y otros contaminantes asociados a actividades agropecuarias. 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 6.47 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).

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.

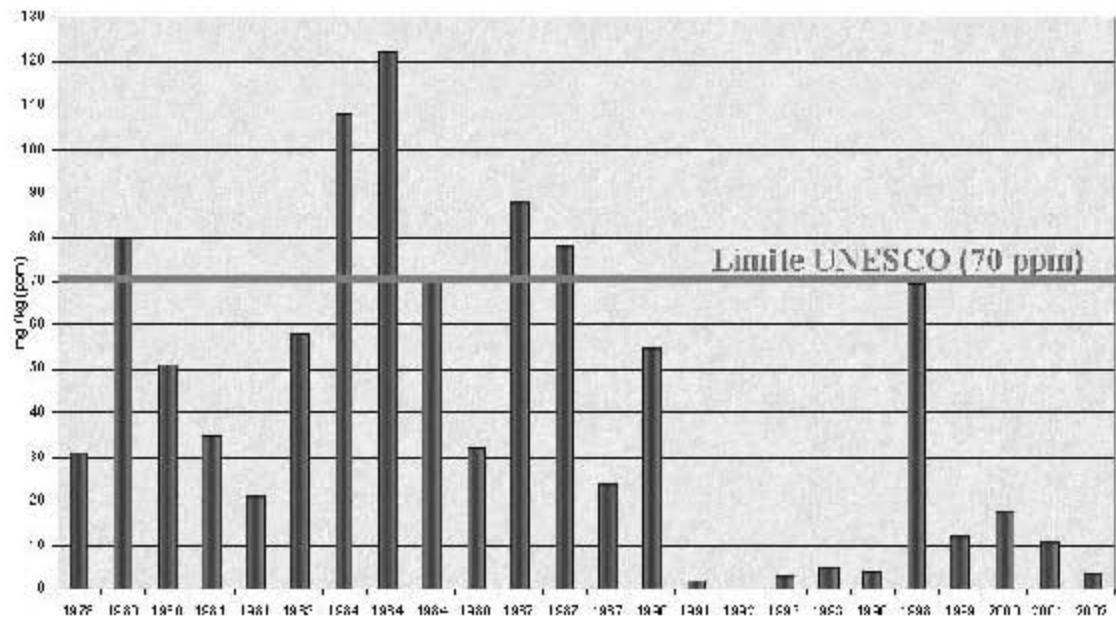


Figura 6.47 Registro histórico de la concentración de hidrocarburos totales en sedimento en la región sur del Golfo de México

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 (Kennicut, 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.



6.5.3

Resultados de la presente evaluación ambiental

Durante la campaña de muestreo realizada del 5 al 7 de abril 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.

La única evidencia de algún derrame se observó durante la evaluación del componente social y de avistamiento de avifauna costera realizada el miércoles 6 de abril de 2016, en donde se registró entre playa Las Flores Tercera y Guano Solo (Figura 6.48) la presencia de hidrocarburos pesados aglomerados en fragmentos bituminosos distribuidos a lo largo de aproximadamente 14.8 Km de la línea intermareal de dichas playas. Los restos bituminosos fueron evaluados organolépticamente, detectándose con el tacto consistencia pastosa con tendencia adhesiva, asimismo, se detectó un fuerte olor a hidrocarburos y coloración brillante y oscura (Figura 6.48).

Pescadores de las playas Las Flores y Guano Solo mencionaron que ese evento ocurrió entre los días 3 y 4 de abril producto de un Frente Frío (Norte) que originó la varazón del crudo “chapopote” en la orilla de playa.

Los pescadores mencionaron que, brigadas de PEMEX recorrieron las playas desde El Palmar (Paraíso) realizando labores de limpieza con el objetivo de eliminar los restos de hidrocarburos.

Las coordenadas entre las cuales se reportó el “chapopote” varado en orilla son:

- Playa Las Flores Tercera Sección: Latitud 18° 26,299' Norte y Longitud 93° 17,038' Oeste
- Playa Guano Solo: Latitud 18° 25,783' Norte y Longitud 93° 25,298' Oeste

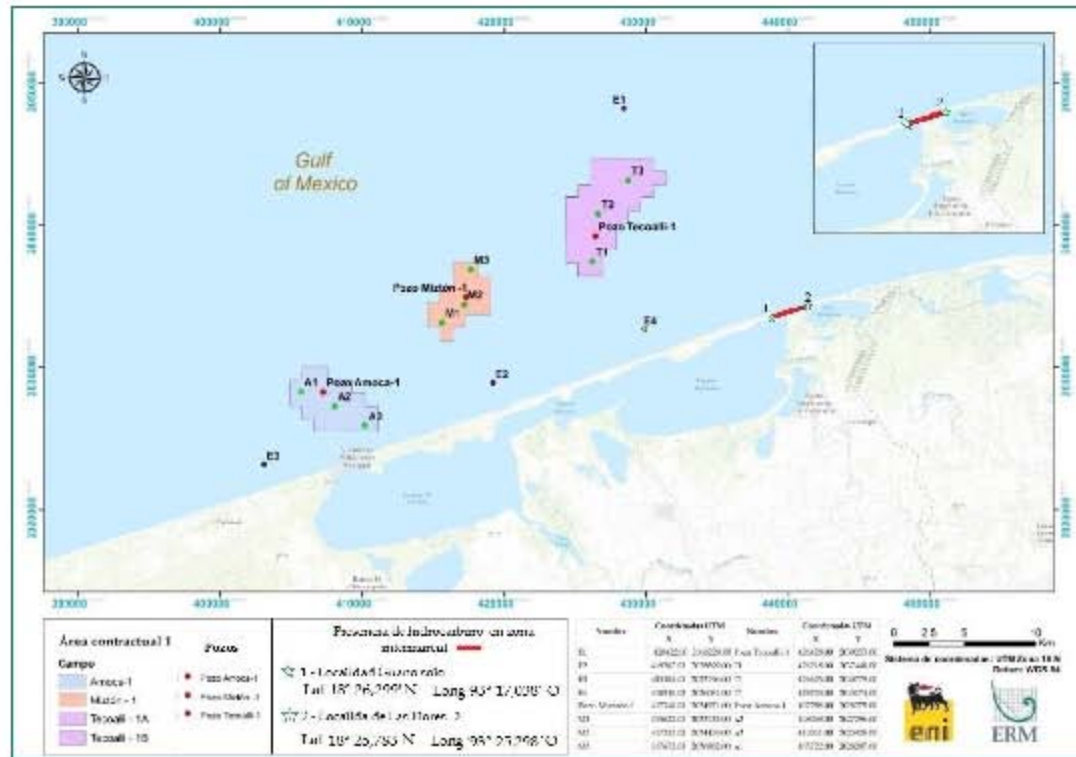


Figura 6.48 Playas entre las cuales se encontró "chapotote", hidrocarburo en zona intermareal a lo largo de 14.8 Km



Figura 6.49 *Detalle de "chapotote" varado*

Por otro lado, los resultados de laboratorio de los muestreos mostraron lo siguiente:

Sedimento:

Hidrocarburos: Ninguna de las muestras analizadas detectaron hidrocarburos por arriba del nivel de cuantificación del laboratorio tanto para hidrocarburos totales de petróleo como hidrocarburos poli-aromáticos.

Metales:

Níquel: excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (TEL) establecidos en la SQuiRTs de la NOAA¹⁵ en cinco de las nueve muestras colectadas, detectándose concentraciones entre 16.06 y 19.25 mg/kg (TEL= 15.90 mg/kg), con la concentración más alta detectada en el punto de muestreo M1.

Otros metales detectados, pero en concentraciones por debajo de los criterios de comparación internacionales o que no tienen criterio de comparación, fueron: Hierro, Zinc, Plomo, Cobre, Mercurio, Vanadio, Bario, Litio y Manganeso.

Agua:

¹⁵ SQuiRTs de la NOAA =Tablas de Referencia Rápida publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos.



Hidrocarburos: La muestra M3-S detectó hidrocarburos fracción pesada en una concentración de 6.50 mg/L, que se encuentra por arriba del límite de la UNESCO (0.01 mg/L). El resto de las muestras detectaron hidrocarburos por arriba del nivel de cuantificación del laboratorio tanto para hidrocarburos totales de petróleo como hidrocarburos poli-aromáticos.

Metales:

Hierro: la muestra (E3-F) detectó una concentración de 0.0514 mg/L de hierro por arriba del límite de exposición crónica de la NOAA.

Cadmio: las muestras A2-S y M1-M detectaron cadmio (0.0003 - 0.0004 MG/l) por arriba del límite de exposición de la CEQG del CCME.

Otros metales detectados, pero en concentraciones por debajo de los criterios de comparación internacionales o que no tienen criterio de comparación, fueron: Zinc, Cobalto, Vanadio y Bario.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): la concentración de SST se detectó entre 154 y 240 mg/L a nivel superficial, 174 y 268 mg/L a nivel medio y entre 176 y 450mg/L a nivel de fondo. No se identificó una tendencia específica entre los puntos de muestreo.

Clorofila a se detectó en 10 puntos de muestreo (A2, A3, M1, M2, M3, T1, T2, T3, E1 y E3) a nivel de superficie (0.520 - 2.902 mg/L), nivel medio (0.620 - 1.296 mg/L) y nivel de fondo (0.593 - 2.114 mg/L) que se encuentra por encima de las concentraciones típicas reportadas para el sur del Golfo de México de 0.00004 mg/L a una profundidad entre 0 y 41 metros (Signoret y colaboradores, 1998), indicando una biomasa fitoplanctónica elevada en estos puntos.

6.9.4

Conclusión

La ASEA, menciona que "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". Además indica que, "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".

De acuerdo con la información bibliográfica, el Área Contractual 1 se ha visto impactada por actividades antropogénicas como la extracción de hidrocarburos, pesca, tráfico marino, diversas industrias y desechos urbanos, entre las principales, que se han llevado a cabo históricamente en la zona costera y marina,



impactando por tanto los ecosistemas marinos desde tiempos previos a la instalación de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoaalli-1.

Asimismo, la presencia de metales en sedimento como el níquel, bario, plomo y zinc en los resultados de laboratorio correspondientes a la zona de evaluación, podrían ser indicador de que su presencia responde a la propia geoquímica del golfo, además de los aportes de origen antrópico cuyo origen podría ser el aforo de los ríos y las actividades propias de la industria del petróleo, específicamente la descarga de cortes y lodos que podrían haberse dado de manera incidental. Sin embargo a pesar de presentarse dichos metales en el sedimento del área de estudio, las concentraciones detectadas se encuentran por debajo de los niveles guías de referencia y no representarían de mayor riesgo para el ecosistema en cuanto a sus efectos biológicos.

Por otro lado, el resultado del muestreo de agua, obtenido en las evaluaciones de los campos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoaalli-1, indica detecciones de hierro (1 muestra) y cadmio (2 muestras) por arriba de los criterios de comparación de la CMME para exposición a largo plazo para el cadmio y de la norma internacional de la NOAA (hierro). Además del resultado del muestreo del sedimento, todas las muestras presentaron concentraciones de níquel y 5 de ellas están por arriba del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA (Gráfica 6.32). Asimismo, 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.

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, y a las definiciones de la autoridad se concluye que hay evidencia de daño ambiental en el ecosistema marino del área del proyecto, campos Amoca-1, Miztón-1 y Tecoaalli-1. Asimismo, no se puede determinar que en el área del proyecto se haya provocado un pasivo ambiental independientemente de la causa u origen de cualesquier daños ambientales.



Tabla 661 Resultados analíticos de agua

Muestra	CEQG del CCME	SQuiRTs de la NOAA	UNESCO (1976)	A1-S 07/04/2015	M1-M 06/04/2016	M3-S 06/04/2016	E3-F 05/04/2016
Fecha de Muestreo	Largo plazo	Exposición crónica		1.0	15.0	1.0	12.0
Profundidad	mg/L	mg/L		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Unidades							
PARÁMETRO							
<i>Metales</i>							
Hierro*	-	0.0500		ND(0.00947)	0.0111	ND(0.00947)	0.0514
Cadmio*	0.00012	0.0088		0.0003	0.0004	ND(0.00031)	ND(0.00031)
Fracción Pesada (C28-C40)			0.01			6.50	

Nota: Resultados únicamente de aquellos parámetros que excedieron algún criterio de comparación.

- 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
- VALOR** Los valores resaltados indican excedencias a los criterios de comparación de la UNESCO

Tabla 662 Resultados analíticos de sedimento

Muestra	CEQG del CCME		SQuiRTs de la NOAA		A2-sed 07/04/2016	A3-sed 05/04/2016	M1-sed 06/04/2016	T1-sed 07/04/2016
Fecha de Muestreo	ISQG	PEL	TEL	PEL	14.0	12.0	29.0	30.0
Profundidad	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Unidades								
PARÁMETRO								
<i>Metales</i>								
Níquel	-	-	15.90	42.80	16.38	16.61	19.25	16.06

Nota: Resultados únicamente de aquellos parámetros que excedieron algún criterio de comparación.

- 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 parabiogeográfico. 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.

Antolí F., V., 1986. Los moluscos de las lagunas del Carmen y Machona, Tabasco. Mem. II Reunión Nal. Malacología y Conquiliología. 63-74

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 <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html> CONABIO:

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., 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-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. 225-253.

Botello, A.V. 1996. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. pp. 203-2010. En: Botello, A.V., Rojas-Galaviz, 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., Rendón von Osten J., Gold-Bouchot G., Agraz-Hernández C. 2005. Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Segunda Edición.

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/htrn/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.

CLIFFORD, H and STEPHENSON, W. 1975. An introduction to numerical classification. Academic Press. London.

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.

Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH). Cuencas del Sureste Aguas Someras, Síntesis geológico petrolera. México, 2014.



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

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

CONAGUA. 2015. Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2015.

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

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.

Cowles, T. J., R.A. Desiderio & S. Neuer. 1993. In situ characterization of phytoplankton from vertical profiles of fluorescence emission spectra. *Marine Biology* 115: 217-222.



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. Leber, 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 (INESEMARNAT), México, D.F., pp. 103-132.

De Lanza, G. y Gómez, J. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Pp 125-129.

DE LA LANZA E., G., L. SOTO G. y C. TOVILLO H., 1988. Productividad primaria comparativa en macro y microfitas de la laguna de Términos. Res. II y III SOMPAAC. 3.

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., Husteded, 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>

Eckert, K.L. 2001. Status and Distribution of the Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, in the Wider Caribbean Region, p.24-31. En: K. L. Eckert and F. A. Abreu Grobois (Editors), Proceedings of the Regional Meeting: "Marine Turtle Conservation in the Wider logue for Effective Regional Management," Santo Domingo, 16-18 Caribbean Region: A Dia November 1999. WIDECAST, IUCN-MTSG, WWF and UNEP-CEP. xx+ 154 pp.

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.

Espinosa Pérez, H. 1999. Listado de peces mexicanos. Colección Nacional de Peces. Instituto de Biología, unam. Bases de datos snib-conabio, proyecto K006.

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, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County. Science series 28.

Fishbase. (s.f.). Fishbase. Recuperado de www.fishbase.org

Flores M., M. y S. Gómez A., 1987. Sistemática abundancia y distribución estacional de meroplankton de crustáceos decápodos en las lagunas costeras El Carmen-La Machona, Tabasco. Res. IX Congr. Nal. Zool. 106.

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.

Galindo, R.J.G., 1988. Contaminación en los ecosistemas costeros. Un enfoque ecológico. Cuadernos Docentes. Coordinación General de Investigación y Posgrado. Univ. Autón. Sin., México, 58 p.

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 ictiofuna 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-Sánchez 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.

Grupo Interacción Océano Atmósfera, 2016. Pronóstico hidrodinámico del Golfo de México. México, CDMX. Recuperado en abril 2016 de: <http://grupo-ioa.atmosfera.unam.mx/pronostico-hidrodinamico/index.php/es/>

Guerra-García, J. M. y Thiel, M. La fauna de caprellidos (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 Barse, K. 1981. Sedentary and archannelid 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-Garivet, 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>>.

IMP, Battelle, UNAM, UAM, 2002. Evaluación de Riesgo Ecológico e Impacto de las Operaciones Industriales (Análisis General). Marzo del 2002. 256 p.

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

INAPESCA. Carta Nacional Pesquera 2012. Diario Oficial de la Federación, 24 de agosto de 2012. <http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/carta-nacional-pesquera/Carta-Nacional-Pesquera-2012.pdf>



INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2007. Infraestructura industrial de PEMEX.

INEGI. 2000. Demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno. Cuentas Económicas y Ecológicas de México.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y la Universidad Nacional Autónoma de México. "Atlas de Anélidos Poliquetos de la Plataforma Continental del Sur del Golfo de México". Informe Final Parte III, julio 1995.

Iñigo-Eliás, 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.

Kelly, D. 1983. Photo-identification of bottlenose dolphins in southern California. Whalewatcher. 17:6-8.

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.

Lambert, C.D., T.S. Bianchi & P.H. Santschi. 1999. Cross-shelf changes in phytoplankton community composition in the Gulf of Mexico (Texas shelf/slope): use of plant pigments as biomarkers. *Continental Shelf Research* 19: 1-21.

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.

Leatherwood, S. y R.R. Reeves. 1990. *The bottlenose dolphin*. Academic, New York, 653 p.

Lemus 1986. *El océano y sus recursos. ii. las ciencias del mar: oceanografía geológica y oceanografía química* autor: juan luis cifuentes lemus / maría del pilar torres garcía / marcela frías m. Primera edición.

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.

Llellish, 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.

Marino, R.P. y Gannon, J.J., 1991. Survival of fecal coliform and fecal streptococci in storm drain sediment. *Water Research*, 25(9).

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.

Mazón-Suástegui J.M. et al., 2009. Estudio de la abundancia y distribución por tallas de la población, en bancos ostrícolas georeferenciados en las Lagunas



Carmen, Pajonal, Machona y Redonda, en el Estado de Tabasco, México (2009). CIBNOR, S.C., Fundación Produce Tabasco, A.C. 520 p. 20 de octubre/09.

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.

Mendoza-Díaz F. A., Cuervo-López L., López-Jiménez http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300025 - 1 A., Galindo http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000300025 - 1 J. A. y Basañez-Muñoz A. 2013. Concentración de Hg, Pb, Cd, Cr y As en hígado de *Carcharhinus limbatus* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) capturado en Veracruz, México. *Rev. Biología Tropical*, Vol N° 61, N° 2.

Meneses, de Gyves, Javier. Geología de la Sonda de Campeche. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, vol. 32, n. 1. México, 1980.

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

Norma Oficial Mexicana NOM-015-PESC-1994. Para regular la extracción de las existencias naturales de ostión en los sistemas lagunarios del Estado de Tabasco.



Norma Oficial Mexicana NOM-049-SAG/PESC-2014. Que determina el procedimiento para establecer zonas de refugio para los recursos pesqueros en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.

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.

Núñez, N.G., O.J. Bautista & M.R. Rosiles. 1998. Concentración y distribución de mercurio en tejidos del cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*) del Golfo de México. *Vet. Mex.* 29: 15-21. Mendóza-Díaz et al. (2013)

Olajire, A., E. Ayodele, O. Oyediran & E. Oluyemi. 2003. Levels and speciation of heavy metals in soils of industrial southern Nigeria. *Environ. Monit. And Assess.* 85: 135-155.

Ortega-Ortiz, J. G. 2002. Multiscale analysis of cetacean distribution in the Gulf of Mexico. Ph.D. dissertation, Texas A&M University, College

Ortega-Ortiz, J. G.; A. Delgado-Estrella y A. Ortega-Argueta. 2004. Mamíferos marinos del Golfo de México: Estado actual del conocimiento y recomendaciones para su conservación. En: *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Caso, M., Pisanty, I. y Escurra, E. (Eds.) Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, D. F. pp. 135-160.

Station, TX. 170 pp. Ortega-Ortiz, J. G.; A. Delgado-Estrella y A. Ortega-Argueta. 2004. Mamíferos marinos del Golfo de México: Estado actual del conocimiento y recomendaciones para su conservación. En: *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Caso, M., Pisanty, I. y Escurra, E. (Eds.) Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México,

D. F. pp. 135-160 Ortiz, 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.

Ortiz, 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.



Ortiz-Lozano, L., Arceo-Briseño, P., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D., Jiménez-Badillo, L. 2010. Zona costera. En: Florescano, E., Ortiz-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. Exploración y Producción (PEP). Provincia Petrolera Sureste (Salina del Istmo, Reforma-Akal y Macuspana). Subdirección de Exploración. México, 2013.

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. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley-Interscience, Inc. New York. 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-Eliás 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.

Reyes A. R. 2001. Hidrología y estado trófico de la columna de agua de la zona marina costera de Sisal, Yucatán. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Mérida, México.

Rheinheimer, G., 1992. Aquatic Microbiology. J. Wiley & Sons. N.Y.

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.

Rios Q., L., 1993. Evaluación de la concentraciones de metales pesados en sedimentos de la plataforma continental de los estados de Veracruz y Tabasco, México. Tesis profesional. ENEP-Zaragoza, UNAM. 93. p.

Rizzo A., Daga R., Arcagnih http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2010000200006 - 1 M., Perez Catán S., Bubach D., Sánchez R., Guevara http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2010000200006 - 1 S.R. y Arribére M.A. 2010. Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte. Ecol. Austral, Vol 20, N° 2.



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-MacDonald, 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.L., 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.

1. Salomon, 1996, Walker *et al.*, 1997, Landis y Yu, 1998 citados por Sánchez, 2008)

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.

Sánchez Y. 2008. Espejos en la llanura. Nuestros Espejos en la Región Pampeana. Capítulo VI: 91-98.

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.

Secretaría de Economía. 2013. Perfil de mercado de la barita. Coordinación general de desarrollo minero. Pp 18.



SEMARNAT, 2016. Coatzacoalcos, Veracruz. Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales. Accedido: 23 de febrero de 2016. Obtenido de: < <http://digao.hn.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

Solis-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.

Solis-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.



Summary of Water Quality Guidelines for Turbidity, Suspended and Benthic Sediments. 2001. Ministry of Environment, Lands and Parks. British Columbia, Canada.

Szefer, P., Glasby, G. P., Penepkowiak, J., Kaliszan, R. 1995. Extraction Studies of Heavy Metals Pollutants in Superficial Sediments from the Southern Baltic Sea off Poland. *Chemical Geology* 120: 111-126.

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.

Toledo Ocampo, A., 2005. Marco conceptual: caracterización ambiental del Golfo de México, p. 25-52. In: A. V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (Eds.). *Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2da Edición. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Nal. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. 696 p.

Torres A., C. Esquivel & G. Ceballos. 1995. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Marinos de México. *Revista de Mastozoología* 1: 22-43, 1995.

Torruco, D. y A. González. 1994. "Estructura trófica de la comunidad de peces en el litoral frente a Laguna Verde, Veracruz, México", *Avicenia* (2): 33-46.

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>

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, A., Ponce-Vélez, G. y Díaz-Gonzalez, G. 1993. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH's) en Áreas Costeras del Golfo de México. *Hidrobiológica* Vol.3 (1-2). México.

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.

Vázquez, F., Alexander, H. y Frausto, A. 2006. Metales Pesados (Cadmio, Cromo, Níquel y Vanadio) Adsorbidos en Sedimentos de la Sonda de Campeche. Campaña Oceanográfica SGM-9. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

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, 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.

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-Lorneli, 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.

Yáñez-Correa, Amado. Procesos costeros y sedimentos recientes de la plataforma continental al sur de la bahía de Campeche. *Boletín Sociedad Geológica Mexicana*; vol. 32, n. 2, p 75-115. México, 1971.

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. Listas de tablas

Tabla 2.1	Coordenadas para el Área Contractual 1	2-3
Tabla 2.2	Estaciones de muestreo dentro del Área Contractual 1	2-5
Tabla 4.1	Relación de Profesionales y Técnicos	4-7
Tabla 4.2	Características de las embarcaciones menores empleadas durante la evaluación ambiental	4-8
Tabla 5.1	Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación	5-13
Tabla 5.2	Parámetros analíticos de calidad del agua de mar	5-16
Tabla 5.3	Parámetros analíticos de calidad del sedimento marino	5-19
Tabla 5.4	Relación de muestras de fitoplancton de red colectadas en el Área Contractual 1	5-21
Tabla 5.5	Relación de muestras de fitoplancton de botella colectadas en el Área Contractual 1	5-22
Tabla 5.6	Relación de muestras de zooplancton e ictioplancton colectadas en el Área Contractual 1	5-23
Tabla 5.7	Ubicación de las Estaciones de Muestreo de macrobentos en el Área Contractual 1	5-24
Tabla 5.8	Metodologías para la Evaluación de Aves Marinas Observación Directa en Transectos en Línea	5-27
Tabla 5.9	Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas	5-30
Tabla 5.10	Características de las redes agalleras empleadas en la pesca exploratoria	5-32
Tabla 5.11	Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 1.	5-33
Tabla 6.1	Criterios de Regulación Ecológica	6-37
Tabla 6.2	Temperatura máxima, estación meteorológica Poblado C-11	6-48
Tabla 6.3	Temperatura media mensual y anual (periodo 1951-2010) Estación meteorológica Poblado C-11	6-49
Tabla 6.4	Valores de precipitación media anual y mensual estación meteorológica Poblado C-11 (1951-2010)	6-53
Tabla 6.5	Valores promedio de variables climatológicas en Tabasco (estación climatológica "Poblado C-11")	6-56



Tabla 6.6	Evaporación media mensual registrada para el estado de Tabasco en el periodo comprendido entre 1972 y 1979. Estación “La Encrucijada”	6-58
Tabla 6.7	Evaporación media mensual y media anual en la estación meteorológica La Encrucijada.	6-58
Tabla 6.8	Promedio diario de la nubosidad en el periodo 2015-2016 para el área circundante al Área Contractual 1 (Tabasco)	6-60
Tabla 6.9	Eventos extremos reportados para la zona del Área Contractual 1, del periodo 1978-2014.	6-61
Tabla 6.10	Resumen de las corrientes y olas en el Área Contractual 1	6-73
Tabla 6.11	Características de las mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz	6-79
Tabla 6.12	Características de las mareas de la estación Dos Bocas, Tabasco	6-79
Tabla 6.13	Estratificación del suelo marino en la Bahía de Campeche	6-80
Tabla 6.14	Partículas elementales de las muestras de sedimentos recolectadas en abril del 2016 en el Área contractual 1	6-82
Tabla 6.15	Tasas de transporte de sedimentos (m ³ /mes) para el Área contractual 1	6-83
Tabla 6.16	Registro de parámetros básicos de calidad de agua de mar	6-86
Tabla 6.17	Iones en el agua de mar	6-88
Tabla 6.18	Registros de materia orgánica en sedimento marino	6-130
Tabla 6.19	Parámetros Biológicos de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1	6-138
Tabla 6.20	Parámetros Comunitario de Macrobentos del Área Contractual 1	6-140
Tabla 6.21	Índice de Diversidad de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-142
Tabla 6.22	Condiciones ambientales en las estaciones M-2 y A-3 del Área Contractual 1.	6-150
Tabla 6.23	Ubicación y horas de cala en la estación M-2 del Área Contractual 1.	6-151
Tabla 6.24	Ubicación y horas de cala en la estación A-3 del Área Contractual 1.	6-152
Tabla 6.25	Especies registradas en las estaciones M-2 y A-3 del Área Contractual 1.	6-154
Tabla 6.26	Condiciones ambientales en las estaciones T-3 y E-4 del Área Contractual 1	6-155



Tabla 6.27	Ubicación y horas de cala en la estación T-3 del Área Contractual 1	6-155
Tabla 6.28	Ubicación y horas de cala en la estación E-4 del Área Contractual 1.	6-156
Tabla 6.29	Condiciones ambientales en las estaciones LC-1y LM-1 del Área Contractual 1.	6-157
Tabla 6.30	Ubicación y horas de cala en la estación LC-1 del Área Contractual 1.	6-158
Tabla 6.31	Ubicación y horas de cala en la estación LM-1 del Área Contractual 1.	6-161
Tabla 6.32	Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 1.	6-164
Tabla 6.33	Aves registradas en el Área Contractual 1	6-167
Tabla 6.34	Aves registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México	6-168
Tabla 6.35	Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 1	6-170
Tabla 6.36	Aves registradas en la zona costera frente al Área Contractual 1	6-171
Tabla 6.37	Aves costeras registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México	6-172
Tabla 6.38	Distribución por zonas de las especies costeras registradas durante la evaluación de fauna en la zona costera	6-173
Tabla 6.39	Categoría de Conservación de las aves costeras registradas en el Área Contractual 1	6-174
Tabla 6.40	Aves registradas en la zona costera frente al Área Contractual 1	6-175
Tabla 6.41	Aves costeras registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México	6-177
Tabla 6.42	Distribución por zonas de las especies costeras registradas durante la evaluación de fauna en la zona costera	6-178
Tabla 6.43	Categoría de Conservación de las aves costeras registradas en el Área Contractual 1	6-179
Tabla 6.44	Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 1	6-181
Tabla 6.45	Categoría de Conservación de los Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 1	6-184
Tabla 6.46	Tortugas que ocurren en el Golfo de México	6-186



Tabla 6.47	Categoría de Conservación de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México	6-188
Tabla 6.48	Análisis de concentración de metales en sedimentos	6-197
Tabla 6.49	Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas	6-200
Tabla 6.50	Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas	202
Tabla 6.51	Análisis de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimentos	6-204
Tabla 6.52	Características de la captura de las principales especies comerciales de peces	6-217
Tabla 6.53	Formas de organización social y número de miembros por estado	6-219
Tabla 6.54	Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 1	6-221
Tabla 6.55	Determinación de códigos de atributos de daños ambientales	6-228
Tabla 6.56	Categoría de significancia de daños ambientales	6-229
Tabla 6.57	Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 2	6-230
Tabla 6.58	Carga de contaminantes del Río Coatzacoalcos	6-236
Tabla 6.59	Componente ambiental por incidencia	6-244
Tabla 6.60	Localización de los pozos Amoca-1, Miztón-1 y Teocalli-1	6-246
Tabla 6.61	Resultados analíticos de agua	6-263
Tabla 6.62	Resultados analíticos de sedimento	6-263



9. Lista de Figuras

Figura 4.1	Embarcación utilizada para la evaluación de pesca exploratoria	4-9
Figura 5.1	Ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo en el Área Contractual 1	5-12
Figura 5.2	Distribución de Zonas Pesqueras en México.	5-14
Figura 5.3	Botella Niskin utilizada en el muestreo de agua	5-15
Figura 5.4	Muestreador de Sedimentos (draga Van Veen)	5-18
Figura 5.5	Red estándar de 20 μm empleada para la colecta de muestras de fitoplancton	5-20
Figura 5.6	Derrotero de evaluación de fauna marina: tortugas, aves y mamíferos	5-28
Figura 5.7	Evaluación de Fauna Costera y Lagunar	5-29
Figura 5.8	Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 1.	5-31
Figura 6.1	Área contractual y área de estudio	6-38
Figura 6.2	Batimetría en el Área contractual 1	6-39
Figura 6.3	Ubicación del Área Contractual 1 dentro del sistema geológico de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.	6-40
Figura 6.4	Geología estructural regional de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.	6-42
Figura 6.5	Columna estratigráfica regional de la provincia conocida como Área de Aguas Someras de las Cuencas del Sureste.	6-44
Figura 6.6	Variación mensual del promedio de temperatura superficial del océano ($^{\circ}\text{C}$)	6-50
Figura 6.7	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$): a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril	6-51
Figura 6.8	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$): e) mayo, f) junio, g) julio, h) agosto	6-51
Figura 6.9	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) i) septiembre, j) octubre, k) noviembre, l) diciembre.	6-52
Figura 6.10	Ejemplo perfil térmico para el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM	6-52
Figura 6.11	Precipitación anual promedio (mm) 2014 a nivel nacional	6-53
Figura 6.12	División de México, según los valores anuales de la humedad relativa, 1941-1970	6-54



- Figura 6.13 Ciclonés tropicales en las costas del Mar Caribe y océano Atlántico 2010-2015. 6-63
- Figura 6.14 Patrón de circulación de corrientes superficiales ($m\ s^{-1}$) en el área de influencia del Área Contractual 1. 6-65
- Figura 6.15 Presión atmosférica registrada en la estación "Cangrejera" (a) cada hora, (b) cada 24 h (c) cada 10 minutos. Área Contractual 1 6-66
- Figura 6.16 Profundidades (en metros) usadas por HYCOM del Golfo de México en la versión GOMI0.04_72 (fuente: HYCOM, 2015) 6-69
- Figura 6.17 Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 para el periodo 2009-2014 (fuente: adaptado de HYCOM, 2016) 6-69
- Figura 6.18 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (enero-junio) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016) 6-71
- Figura 6.19 Ejemplo de corrientes superficiales marinas (julio-diciembre) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016) 6-72
- Figura 6.20 Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM (fuente: HYCOM, 2016) 6-74
- Figura 6.21 Ejemplo perfil térmico para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 1 generada del modelo HYCOM (fuente: Ajustado de HYCOM, 2016) 6-74
- Figura 6.22 Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0° y latitud 19.0°) 6-76
- Figura 6.23 Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0° y latitud 19.0°) 6-77
- Figura 6.24 Diagramas de rosa de vientos promedio del sitio cercano al Área Contractual 1 (longitud -94.0° y latitud 19.0°) 6-78
- Figura 6.25 Representación gráfica del régimen de mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz (fuente: Ajustado de CICESE, 2016) 6-79
- Figura 6.26 Patrones de sedimentos en el Área Contractual 1 6-81
- Figura 6.27 Concentración de HTP en el Área Contractual 1. 6-107
- Figura 6.28 Distribución de macrobentos registrados en el Área Contractual 1 6-137
- Figura 6.29 Ubicación del Área de pesca exploratoria en el Área Contractual 1 6-166



Figura 6.30	Distribución de especies registradas	6-169
Figura 6.31	Distribución de especies registradas	6-178
Figura 6.32	Riqueza de mamíferos marinos en la Zona Económica Exclusiva de México	6-182
Figura 6.33	Distribución de mamíferos registrados	6-183
Figura 6.34	Distribución de la tortuga caguama <i>Caretta caretta</i> en México	6-187
Figura 6.35	Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 1	6-207
Figura 6.36	Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 1	6-208
Figura 6.37	Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 1	6-209
Figura 6.38	Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 1	6-210
Figura 6.39	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)	6-211
Figura 6.40	Rutas migratorias de las aves durante primavera - Otoño	6-212
Figura 6.41	Embarcaciones utilizadas para la pesca artesanal	6-218
Figura 6.42	Naufragios en el Litoral del Golfo de México	6-222
Figura 6.43	Regionalización de aguas someras en la Sonda de Campeche	6-252
Figura 6.44	Distribución espacial de níquel disuelto durante la campaña 2001.6-254	
Figura 6.45	Distribución espacial de vanadio disuelto durante la campaña 2001.6-254	
Figura 6.46	Concentración de HTP en el Área Contractual 1.	6-255
Figura 6.47	Registro histórico de la concentración de hidrocarburos totales en sedimento en la región sur del Golfo de México	6-257
Figura 6.48	Playas entre las cuales se encontró “chapopote”, hidrocarburo en zona intermareal a lo largo de 14.8 Km	6-259
Figura 6.49	Detalle de “chapopote” varado	6-260



10. Lista de Gráficas

Gráfica 6.1	Clasificación de sedimentos	6-47
Gráfica 6.2	Climograma de temperatura y precipitación máximas del periodo 1951-2010. Estación meteorológica Poblado C-11	6-48
Gráfica 6.3	Promedio de la nubosidad diaria de enero de 2015 - abril de 2016 para el área circundante al Área Contractual 1(Tabasco)	6-59
Gráfica 6.4	Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 1	6-89
Gráfica 6.5	Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 1	6-89
Gráfica 6.6	Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Amoca	6-91
Gráfica 6.7	Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Miztón	6-93
Gráfica 6.8	Temperatura y salinidad en las estaciones de muestreo de Tecoailli	6-95
Gráfica 6.9	Comportamiento del pH en el Área Contractual 1	6-96
Gráfica 6.10	Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 1	6-97
Gráfica 6.11	Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 1	6-98
Gráfica 6.12	Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Amoca	6-100
Gráfica 6.13	Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Miztón	6-101
Gráfica 6.14	Oxígeno disuelto y turbidez en las estaciones de muestreo de Tecoailli	6-102
Gráfica 6.15	Concentración de Sólidos Suspendidos Totales en agua marina	6-105
Gráfica 6.16	Concentración de amonio en agua de mar	6-109
Gráfica 6.17	Concentración de nitritos en agua de mar	6-110
Gráfica 6.18	Concentración de fosfatos en agua de mar	6-111
Gráfica 6.19	Concentración de Sílice en agua de mar	6-111
Gráfica 6.20	Concentración de silicio en agua de mar	6-112
Gráfica 6.21	Concentración de Hierro en agua de mar	6-113
Gráfica 6.22	Concentración de Zinc en agua de mar	6-114
Gráfica 6.23	Concentración de Cadmio en agua de mar	6-115



Gráfica 6.24	Concentración de Cromo Total en agua de mar	6-116
Gráfica 6.25	Concentración de Cobalto en agua de mar	6-117
Gráfica 6.26	Concentración de Vanadio en agua de mar	6-118
Gráfica 6.27	Concentración de Bario en el agua de mar	6-119
Gráfica 6.28	Concentración de Hierro en sedimento marino	6-122
Gráfica 6.29	Concentración de Zinc en sedimento marino	6-123
Gráfica 6.30	Concentración de Plomo en sedimento marino	6-124
Gráfica 6.31	Concentración de Cobre en sedimento marino	6-124
Gráfica 6.32	Concentración de Níquel en sedimento marino	6-126
Gráfica 6.33	Concentración de Vanadio en agua de mar	6-127
Gráfica 6.34	Concentración de Bario en agua de mar	6-127
Gráfica 6.35	Concentración de Litio en sedimento marino	6-128
Gráfica 6.36	Concentraciones de Manganeso en sedimento marino	6-129
Gráfica 6.37	Porcentaje de Carbono Orgánico Total en sedimento marino	6-132
Gráfica 6.38	Composición porcentual de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1 - Abundancia	6-139
Gráfica 6.39	Composición porcentual de los Grupos Taxonómicos del Área Contractual 1- Biomasa	6-139
Gráfica 6.40	Riqueza de Especies de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-141
Gráfica 6.41	Densidad de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-143
Gráfica 6.42	Biomasa de las Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-144
Gráfica 6.43	Riqueza de Especies por Estación de Muestreo Según Grupo Taxonómico del Área Contractual 1	6-145
Gráfica 6.44	Abundancia de los Grupos Taxonómicos según Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-146
Gráfica 6.45	Biomasa (g) de los Grupos Taxonómicos según Estaciones de Muestreo del Área Contractual 1	6-147
Gráfica 6.46	Dendrograma del Índice de Similitud de Bray-Curtis del Área Contractual 1	6-148
Gráfica 6.47	Composición porcentual de las especies capturadas en la pesca exploratoria del Área Contractual 1.	6-150
Gráfica 6.48	Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 1	6-167



Gráfica 6.49 Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 1	6-172
Gráfica 6.50 Proporción de las familias de aves costeras registradas en el Área Contractual 1	6-176
Gráfica 6.51 Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial	6-216



11. Anexos

Anexo 5.1 Acreditaciones y certificaciones del laboratorio analítico

Anexo 5.2 Certificado de calibración del equipo multiparamétrico

Anexo 5.3 Resultados de laboratorio

Anexo 5.4 Bitácora de campo



12. Apéndices

Apéndice 6.1	Resultados analíticos de agua marina en el Área Contractual 1
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 - Granulometría
Apéndice 6.15	Resultados analíticos de sedimento - Propiedades químicas
Apéndice 6.16	Listado de especies de fitoplancton en el suroeste del Golfo de México
Apéndice 6.17	Listado taxonómico de organismos de zooplancton en el suroeste del Golfo de México
Apéndice 6.18	Listado taxonómico de Macrobentos
Apéndice 6.19	Especies capturadas en la pesca exploratoria
Apéndice 6.20	Lista de aves migratorias en el Sur del Golfo de México
Apéndice 6.21	Lista de mamíferos migratorios en el Sur del Golfo de México
Apéndice 6.22	Características de las tortugas marinas del Golfo de México



13. Cartografía

Mapa 1	Ubicación del área de estudio y estaciones de muestreo en el Área Contractual 1
Mapa 2	Ruta evaluación de fauna marina
Mapa 3	Ruta de evaluación fauna Costera y Lagunar
Mapa 4	Batimetría en el Área contractual 1
Mapa 5	Patrón de circulación de corrientes superficiales.
Mapa 6	Distribución de macrobentos registrados en el Área Contractual 1
Mapa 7	Ubicación área d pesca y Área Contractual
Mapa 8	Distribución de especies de fauna marina registradas en el Área Contractual 1
Mapa 9	Distribución especies registradas en el complejo Lagunar
Mapa 10	Arrecifes coralinos en el Golfo de México
Mapa 11	Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 1
Mapa 12	Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 1
Mapa 13	Mapa de ANP y su ubicación con respecto al Área Contractual 1
Mapa 14	Nafragios en el Litoral del Golfo de México
Mapa 15	Presencias de Hidrocarburos “chapopote” en la internareal