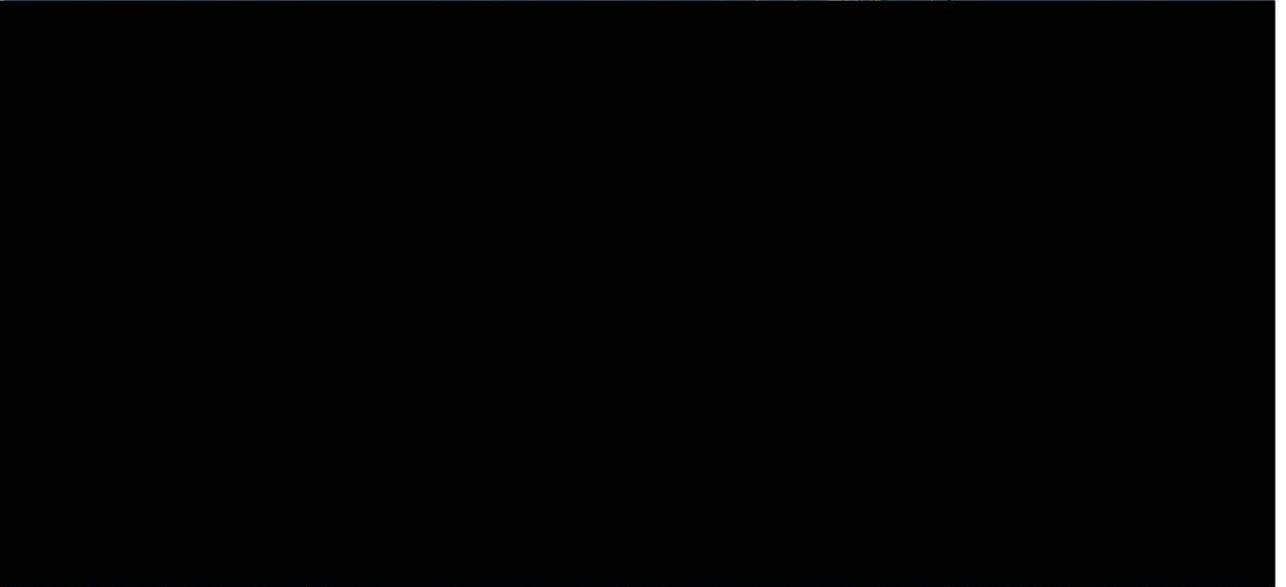




Fotografía eliminada por contener datos personales.
Fundamento en el art. 113 Fracción I de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.



Informe Detallado de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual 2 en el Golfo de México

Talos Energy Offshore Mexico 2, S. de R.L. de C.V. (Operador)



Talos Energy Offshore Mexico 2, S. de R.L. de C.V.

Informe Detallado de la Línea Base Ambiental para el Área Contractual 2 en el Golfo de México

marzo de 2016

Proyecto No. 0330765

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

[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]

ERM México, S.A. de C.V.



Tabla de contenido

Glosario	iv
Resumen Ejecutivo	ix
1. Introducción	1
2. Alcance	3
3. Objetivos	5
4. Personal y embarcaciones	6
4.1. <i>Personal</i>	6
4.2. <i>Embarcaciones</i>	7
5. Metodología	10
5.1. <i>Generalidades</i>	10
5.1.1 Contexto regional	11
5.1.2 Contexto local	11
5.1.2.1 Delimitación del área de estudio	11
5.1.3 Clima y meteorología	14
5.2. <i>Medio Abiótico</i>	14
5.2.1 Calidad de Agua de Mar	15
5.2.2 Calidad de Sedimento Marino	19
5.3. <i>Medio Biótico</i>	21
5.3.1 Fitoplancton	21
5.3.1.1 Muestreo Cualitativo	21
5.3.1.2 Muestreo Cuantitativo	22
5.3.2 Zooplancton e Ictioplancton	22
5.3.3 Macrofitos	23
5.3.3.1 Metodología de muestreo en laboratorio	24
5.3.3.2 Análisis de diversidad	25
5.3.4 Avifauna marina	26
5.3.5 Mamíferos y tortugas marinas	28
5.3.6 Pesca exploratoria	30
5.3.7 Efectos biológicos	33
6. Resultados	34
6.1. <i>Generalidades</i>	34
6.1.1 <i>Contexto regional</i>	34
6.1.2 <i>Contexto local</i>	35
6.1.2.1 Ubicación del Área Contractual con relación a las regiones de gestión ambiental	35
6.2. <i>Medio abiótico</i>	37



6.2.1	<i>Geología regional</i>	37
6.2.2	<i>Geomorfología regional</i>	38
6.2.3	<i>Geología y geomorfología local</i>	39
6.2.4	<i>Clima y meteorología</i>	40
6.2.4.1	Clima	40
6.2.4.2	Temperatura media anual y mensual	42
6.2.4.3	Precipitación media anual y mensual	45
6.2.4.4	Humedad relativa	46
6.2.4.5	Evaporación media anual	49
6.2.4.6	Nubosidad promedio anual	50
6.2.4.7	Eventos extremos (Ciclones, Huracanes, tormentas y depresiones tropicales, etc.)	52
6.2.4.8	Corrientes marinas	54
6.2.4.9	Vientos dominantes, velocidad y dirección	61
6.2.4.10	Presión atmosférica	66
6.2.5	Hidrodinámica y batimetría	68
6.2.5.1	Oleaje	68
6.2.5.2	Mareas	70
6.2.5.3	Batimetría	71
6.2.6	Calidad de Agua de Mar	74
6.2.6.1	Parámetros fisicoquímicos	74
6.2.6.2	Resultados analíticos	92
6.2.7	Calidad de Sedimento Marino	103
6.2.7.1	Propiedades físicas	116
6.2.7.2	Propiedades químicas	117
6.3.	<i>Medio Biótico</i>	119
6.3.1	Fitoplancton	119
6.3.2	Zooplancton	121
6.3.3	Macrobentos	124
6.3.4	Fauna íctica	126
6.3.4.1	Pesca Exploratoria en la Locación L2-D	127
6.3.4.2	Pesca Exploratoria en la Locación L2-B	130
6.3.5	Aves Marinas	132
6.3.5.1	Ubicación y distribución de las especies registradas	134
6.3.5.2	Diversidad de especies registradas	135
6.3.5.3	Categoría de conservación	135
6.3.6	Mamíferos Marinos	137
6.3.6.1	Composición y abundancia de las especies registradas	138
6.3.6.2	Ubicación y distribución de las especies registradas	138
6.3.6.3	Diversidad de especies registradas	140
6.3.6.4	Categoría de conservación	141
6.3.7	Tortugas Marinas	142
6.3.7.1	Condiciones ambientales durante el crucero bio-oceanográfico	143
6.3.7.2	Composición y abundancia de las especies registradas	143
6.3.7.3	Ubicación y distribución de las especies	143
6.3.7.4	Diversidad de especies registradas	145
6.3.7.5	Categoría de conservación	145



6.4.	<i>Efectos biológicos</i>	147
6.4.1	Presencia de Metales Pesados en el Sedimento Marino	147
6.4.2	Presencia de Hidrocarburos en el Sedimento Marino	149
6.4.2.1	Niveles Guía de Referencia	150
6.4.3	Resultados del Análisis de Metales Pesados	152
6.4.4	Resultados del Análisis de Hidrocarburos	156
6.5.	<i>Áreas Sensibles</i>	159
6.5.1.1	Arrecifes coralinos	159
6.5.1.2	Regiones prioritarias	161
6.6.	<i>Identificación de la Infraestructura Existente</i>	167
6.6.1	Actividades Económicas	167
6.6.1.1	Pesca	167
6.6.1.2	Actividades recreativas	176
6.6.2	Patrimonio Arqueológico	178
6.7.	<i>Diagnóstico ambiental</i>	180
6.8.	<i>Registro y descripción de daños ambientales</i>	183
6.8.1	Identificación de los daños ambientales	183
6.8.2	Valor del daño ambiental	184
6.8.3	Descripción de los daños ambientales	191
6.8.3.1	Daños ambientales originados por la descarga de aguas continentales al Golfo de México	191
6.8.3.2	Daños ambientales y sociales originados por la industria petrolera	194
6.8.3.3	Daños ambientales y sociales derivados de actividades antropogénicas	197
6.8.3.4	Sobreexplotación del recurso pesquero	198
6.8.3.5	Conclusiones	199
6.9.	<i>Registro y descripción de daños preexistentes (pasivos ambientales)</i>	201
6.9.1	Infraestructura pre-existente	201
6.9.2	Información de las condiciones ambientales históricas	202
6.9.3	Conclusión	205
7.	Referencias	207
8.	Apéndices	231
9.	Listas de tablas	232
10.	Lista de Figuras	234
11.	Lista de Gráficas	236
12.	Anexos	237
13.	Cartografía	238



Glosario

S. de R.L. de C.V.,	Sociedad de Responsabilidad Limitada de Capital Variable
S. A. de C. V.	Sociedad Anónima de Capital Variable
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
ERM Mexico	Environmental Resources Management, Mexico
ASEA	Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
pH	Potencial de Hidrógeno
OD.	Oxígeno Disuelto
mL.	mililitros
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
SST	Sólidos Suspendedos Totales
HTP	Hidrocarburos totales de Petróleo
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno,
HM	Hidrocarburos Monoaromaticos (BTEX)
Cu	Cobre
V	Vanadio
Ni	Niquel
Cd	Cadmio
TEL	Threshold Effect levels
SQRT	Screening Quick Reference Tables
PEL	Probable Effect Levels
CSQGPAL	Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life de la CCME
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment
Hg	Mercurio
Pb	Plomo
Ba	Bario
Mg	Miligramos
Kg.	Kilogramos
Li	Litio
Mo	Molibdeno
Ag	Plata
Cr ^{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
Hp	Horse power
S. C. L.	Embarcaciones
SEMAR	Secretaria de Marina- Armada de México
CICIMAR	Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas
SENER	Secretaría de Energía
JNCC	Joint Nature Conservation Committee (Comité Conjunto para la Conservación de la Naturaleza)
EPA	Agencia de Protección Ambiental
WGS	World Geodesic System (sistema geodésico mundial)
CNP	Carta Nacional Pesquera
HYCOM	HYbrid Coordinate Ocean Model
GODAE	US Global Data Assimilation Experiment
GOM	Gulf of Mexico
GdM	Golfo de México
US	United States (Estados Unidos)
US NRL	Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos)
B2-A	Esquina superior izquierda del polígono contractual
B2-B	Esquina superior derecha del área
B2-C	Esquina inferior derecha del área



B2-D	Esquina inferior izquierda del área
B2-E	Centro del área
B2-L	Corresponde al pozo Luhua-1
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
CTD	Sonda para la medición de la Conductividad Temperatura y profundidad
SBE	Seabird Electronics
FL	Fraccion Ligera
FM	Fracción Media
NMX	Norma Mexicana
HNO 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 Rapida publicadas por la NOAA
ABC	ABC Química Investigación y Análisis, S.A. de C.V.
ISO 9001	Organización Internacional de estandarización
ISQG	Guía Interina de Calidad de Sedimento Marino
COI	Comisión Oceanográfica Internacional de la UNESCO
_M	Micrometros
nº células/l	Número de células por litro
m ³	Metros cúbicos
Box Corer	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 = 2Σ (ani bnj)/(da + db) aN bN	Indice Morisita-Horn
	CMH = Índice cuantitativo de similitud de Morisita-Horn.
	aN = Número total de individuos en el transecto A.



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



SAV	Sistema Arrecifal Veracruzano
INAPESCA	Instituto Nacional de Pesca
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca
SC	Sociedades Cooperativas
OFOS	Otras Formas de Organización Social
UP	Union de Pescadores
UPP	Unidades o Uniones de producción
GS	Grupos Solidarios
SE	Sección especializada
SSS	Sociedades de Seguridad Social
SP	Sociedad Pesquera
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y 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

El Consorcio integrado por Talos Energy Offshore 2, S. de R.L. de C.V., Sierra Oil & Gas Exploración y Producción, S. de R.L. de C.V. y Premier Oil Exploration and Production Mexico S.A. de C.V., obtuvo la adjudicación del Área Contractual 2 mediante contrato CNH-R01-L01-A2, firmado el 4 de septiembre de 2015.

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

Con base en la *Guía para Definir la Línea Base Ambiental Previo al Inicio de las Actividades Petroleras* facilitada por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Consorcio solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Línea Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 2, Golfo de México, obteniendo dicha autorización mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0059/2016.

Para la obtención de información primaria de Línea Base Ambiental se definió como área de estudio al polígono del Área Contractual 2, estableciéndose seis puntos de muestreo para la caracterización de componentes de los medios abiótico y biótico indicados en los lineamientos de la Guía de ASEA.

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

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

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

- Los valores de temperatura, salinidad y pH se caracterizaron por su estabilidad espacial, no registrándose mayor variación a nivel de columna de agua. Los registros de concentración de oxígeno disuelto (entre 2.42 y 4.97 mL/L), turbidez (entre 0.59 y 2.06 UNT) y Sólidos Suspendedos Totales (entre 22 y 188 mg/L) estuvieron determinados más 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.

- Entre los nutrientes, la concentración de amoníaco se mantuvo en el rango de 0.026 a 0.31 mg/L, mientras que la de nitritos y nitratos varió entre 0.08 y 0.88 mg/L. Se reportaron algunos niveles detectables de silicatos, entre 0.88 y 2.13 mg/L; en tanto que los niveles de fosfatos estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico. No se evidenciaron condiciones de eutrofización en la columna de agua.
- Los niveles de concentración de los metales “bario” (Ba), “cadmio” (Cd), “cobre” (Cu), “cromo” (Cr), “estaño” (Sn), “mercurio” (Hg), “plomo” (Pb) y “zinc” (Zn) estuvieron por debajo de los límites de cuantificación de los métodos analíticos.

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), “plomo” (Pb) y “zinc” (Zn) estuvieron por debajo del TEL (Threshold Effect Levels) del SQRT (Screening Quick Reference Tables) de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) o valor de concentración por debajo del cual los efectos adversos esperados son raramente observados (10%).
- Los niveles de “cadmio” (Cd), “cobre” (Cu) y “níquel” (Ni) superaron los TEL pero estuvieron por debajo de los PEL (Probable Effect Levels) del CCME (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life del Canadian Council of Ministers of the Environment) o valores de concentración por encima de los cuales los efectos adversos son frecuentemente observados (50%).
- Las concentraciones de “cromo hexavalente” (Cr^{VI}), “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 franco arenosa, con un contenido de materia orgánica entre 0.03 y 1.90% y de carbono orgánico total entre 0.047 y 1.179%.
- Los valores de potencial redox variaron entre 411.60 y 432.73 mV, evidenciando en el medio marino condiciones favorables para las reacciones de oxidación.

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



Para la caracterización de la fauna íctica se implementó una evaluación de pesca embarcada exploratoria en dos locaciones del área de estudio, reportándose 6 especies de peces: “besugo” *Rhomboplites auronbens*, “chac-chí” *Haemulon aurolineatum*, “cojinuda” *Carangoides bartholomaei*, “pluma” *Calamus nodosus*, “rubia” *Ocyurus chrysurus* y “tigre” *Diplectrum formosum*, pertenecientes a las familias taxonómicas Lutjaniade, Haemulidae, Sparidae y Serranidae. Ninguna de ellas está incluida en alguna categoría de protección ambiental (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Por otro lado, durante los avistamientos de avifauna, mamíferos y tortugas marinas se registraron 4 especies de aves: “charrán real” *Thalasseus maximus*, “gaviota reidora” *Leucophaeus atricilla*, “salteador robusto” *Stercorarius pomarinus* y “pañño de Wilson” *Oceanites oceanicus*, pertenecientes a las familias taxonómicas Hydrobatidae, Laridae y Stercoraridae. Y entre los mamíferos, se reportó presencia del “delfín pantropical” o “delfín moteado” *Stenella attenuata* y de la “tonina” o “delfín nariz de botella” *Tursiops truncatus*. Ambas especies están incluidas en la categoría de Sujetas a Protección (Pr) de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

No se obtuvieron registros de tortugas marinas durante el crucero bio-oceanográfico; sin embargo, ello no implica la inexistencia de alguna de las 5 especies de quelonios reportadas para el Golfo de México: “tortuga lora” (*Lepidochelys kempii*), “tortuga blanca” (*Chelonia mydas*), “tortuga carey” (*Eretmochelys imbricata*), “tortuga caguama” (*Caretta caretta*) y “tortuga laúd” (*Dermodochelys coriacea*). Cabe indicar que no se han identificado zonas prioritarias de anidación en el sector de costa ubicado frente al Área Contractual 2.

En lo que concierne a Áreas Sensibles, el Área Contractual 2 se encuentra dentro de la Región Marina Prioritaria (RMP) N° 52 “Delta del Río Coatzacoalcos” 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 2 ni Áreas Naturales Protegidas (ANP) en sus inmediaciones.

La pesca artesanal y el turismo constituyen las principales actividades económicas y recreativas respectivamente que se llevan a cabo en las inmediaciones del Área Contractual 2. 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, la única referencia probable sobre actividades de petróleo y su efecto sobre el sedimento del área de estudio, podría estar dada por



los niveles de concentración de mercurio (0.147 mg/kg) reportados en las inmediaciones del pozo abandonado Luhua-1. El referido valor supera el nivel de referencia TEL; sin embargo, está muy por debajo del establecido para PEL, de ahí que no representaría 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.

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

Y en lo que se refiere a los daños preexistentes o pasivos ambientales, la investigación bibliográfica realizada indica que el pozo Luhua-1 empezó a ser explorado en el 2002 como parte del Proyecto Coatzacoalcos; sin embargo, se descubrió que era improductivo y, posteriormente, fue abandonado permanentemente.

El Área Contractual 2 se ha visto impactada por actividades antropogénicas como la extracción de hidrocarburos, la pesca, el tráfico marino, los vertidos de desechos urbanos e industriales, entre las principales, que se han llevado a cabo históricamente en la zona costera y marina, causando afectación desde tiempos previos a la instalación del pozo Luhua-1.

Por tanto, y en base a los resultados obtenidos, se concluye que no habría impactos relacionados a las actividades del Luhua-1 u otras actividades del operador precedente en el Área Contractual 2, por lo cual se descarta que este haya provocado un pasivo ambiental.



1. Introducción

Talos Energy Offshore México 2, S. de R.L. de C.V. en consorcio con Sierra Oil & Gas Exploración y Producción, S. de R.L. de C.V. y Premier Oil Exploration and Production Mexico S.A. de C.V. (en lo sucesivo “Talos”), obtuvo la adjudicación del Área Contractual 2 mediante el contrato CNH-R01-L01-A2, firmando dicho contrato el 4 de septiembre de 2015. Tal como lo señalado en los incisos 3.4 y 14.4 de dicho contrato referente a la Etapa de Transición de Arranque, Talos inició los estudios que permitieron la identificación, caracterización y predicción de los pasivos ambientales mediante la contratación de un tercero acreditado.

Para tal efecto, de acuerdo con el oficio No. 220.2151/2015 la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH) resolvió autorizar la contratación de ERM México S.A. de C.V. (ERM) como dicho tercero acreditado para la realización de los mencionados estudios, en conjunto con los laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación señalados en el propio oficio. Así mismo, la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) se manifestó en el sentido de no tener inconveniente para que ERM realizará dichos estudios.

Finalmente, con base en la Guía para Definir la Línea Base Ambiental previo al inicio de las Actividades Petroleras (Guía) facilitada por la ASEA, órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Talos solicitó aprobación de la metodología para la Elaboración de Líneas Base Ambiental y Registro de Daños Ambientales y Daños Preexistentes en el Área Contractual 2, Golfo de México, obteniendo dicha autorización el día 15 de enero de 2016 mediante el oficio No. ASEA/UGI/DGGEERC/0059/2016 (el “Oficio de Aprobación de la Metodología”).

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 29 a 31 de enero de 2016.

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



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

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

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

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



2. Alcance

El presente documento contiene la aproximación metodológica y resultados de los estudios ambientales realizados en el Área Contractual 2 para determinar la línea base ambiental previa al inicio de las actividades petroleras, el registro de los daños ambientales y daños preexistentes en dicha área. Para efectos de este informe el Área Contractual 2 corresponde al área de estudio tal como se describe a continuación.

Tal como lo se establece en el contrato CNH-R01-L01-A2 el Área Contractual 2 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 2*

Vértice	UTM	
	X	Y
A	337984.95	2029591.50
B	359120.66	2029425.01
C	359053.23	2020203.02
D	337907.40	2020368.86
E	348570.15	2024483.04

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

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

Por su parte, mediante una campaña oceanográfica en el Área Contractual de tres (3) días, se recabaron datos primarios en seis (6) sitios de muestreo (ver Tabla 2.2), trece (13) transectos de observación de aves y mamíferos y dos (2) zonas de pesca. Cabe destacar que uno de los puntos de muestreo corresponde con el único pozo preexistente reportado para el área conocido como Luhua-1. Estas muestras consideraron parámetros fisicoquímicos y biológicos en tres alturas de la columna de agua y en el sedimento marino. Las muestras tomadas han sido analizadas por los laboratorios Intertek Testing Services S.A. de C.V. (ITS) 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), así como por el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), tal y como se señala en el apartado metodológico de este informe.

Tabla 2.2 Puntos de muestreo dentro del Área Contractual 2

Punto	UTM	
	X	Y
A	338678	2029664
B	359764	2029593
C	358868	2019462
D	337898	2019712
E	349245	2024215
L	352510	2020650

Es importante señalar, que con el objetivo de delimitar una zona que será el objeto del estudio, es necesario definir un sistema espacial arbitrario dentro del cual se puedan estudiar los factores ambientales y las interacciones del proyecto. Tomando en cuenta que Talos desarrollará sus actividades únicamente dentro del Área Contractual 2 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 2, 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 2 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 2.

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 del pozo Luhua-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.
- Presentar una conclusión global sobre las condiciones ambientales imperantes en el área.



4. Personal y embarcaciones

4.1. Personal

Para el planeamiento y ejecución de las actividades de línea base ambiental en el Área Contractual 2 se conformó un equipo multidisciplinario de profesionales y técnicos, los cuales se listan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Relación de Profesionales y Técnicos

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

Nombres, cargos y datos eliminados 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



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

4.2. Embarcaciones

Buque oceanográfico

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

Tabla 4.2 Características técnicas del buque “Riviera Maya”

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

Fuente: ERM, 2016



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 4.1 Vista del buque "Riviera Maya"

Pesca Embarcada Exploratoria

Para las actividades de pesca exploratoria se emplearon dos embarcaciones menores o "pangas", SCL 1 y SCL 8, cuyas características se detallan en la *Tabla 4.3*.

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

Nombre de embarcación	S.C.L. 1	S.C.L. 8
Tipo de embarcación	Lancha	Lancha
Servicio	Pesca	Pesca
Arqueo bruto (ton)	1.20	1.2
Arqueo neto (ton)	0.84	0.84
Eslora (m)	7.61	7.62
Manga (m)	1.82	1.80
Puntal (m)	0.70	0.72
Material del casco	Fibra de vidrio/ policarbonato	Fibra de vidrio/ policarbonato
Potencia del motor (HP)	Yamaha 60	Yamaha 40

Fuente: *Certificado Nacional de Seguridad de las embarcaciones SCL1 y SCL 8.*



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 4.2 Evaluación de necton con embarcación pesquera artesanal



5. Metodología

5.1. Generalidades

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

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

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

Fase I: Revisión bibliográfica y evaluación rápida

Fase II: Caracterización ambiental

Fase III: Caracterización de los pasivos en el área contractual

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



5.1.1 *Contexto regional*

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

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

5.1.2 *Contexto local*

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

El criterio de selección de las áreas de potencial interés ambiental y su ubicación a lo largo de la costa, delimitada por la proyección ortogonal del Área Contractual 2, 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.

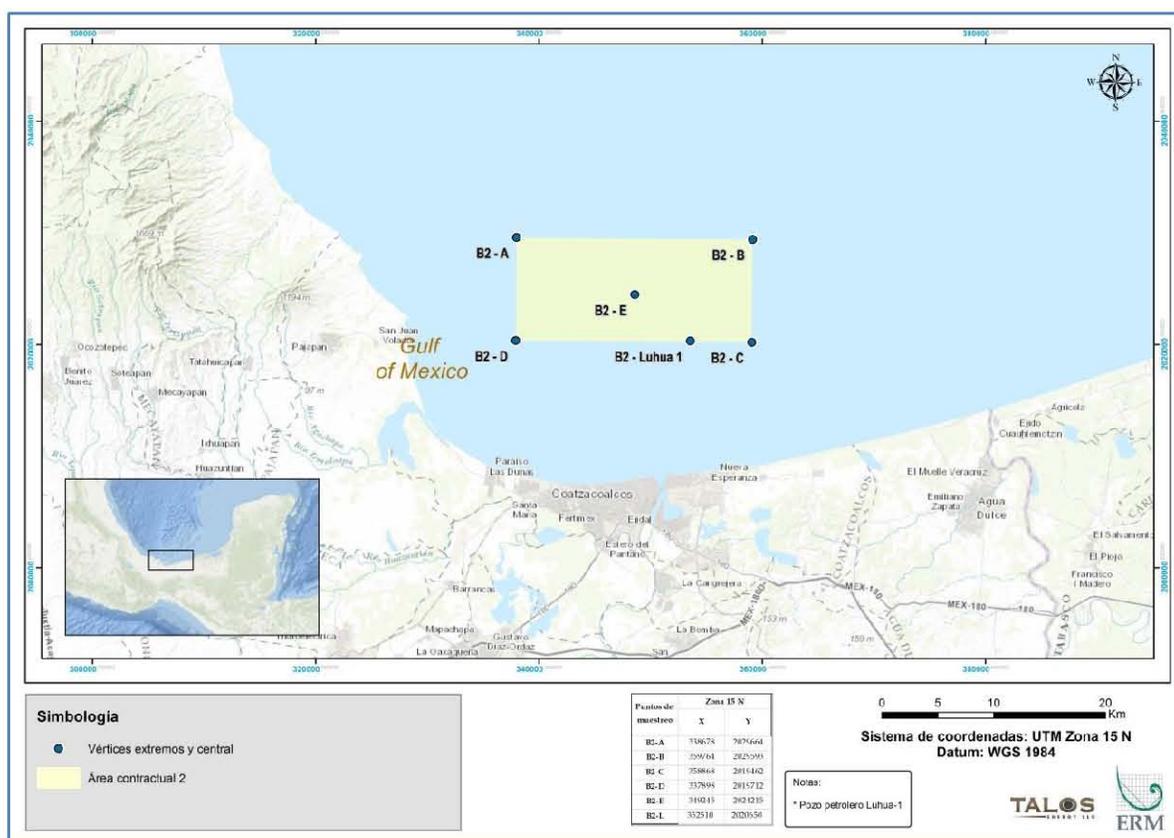
El área de estudio, Área Contractual 2, fue previamente establecida por la Comisión Nacional de Hidrocarburos a través de la licitación CNH-R01-



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

Tabla 5.1 Ubicación Geográfica del Área Contractual 2

Vértice	Longitud oeste	Latitud norte
A	94°32'00"	18°21'00"
B	94°20'00"	18°21'00"
C	94°20'00"	18°16'00"
D	94°32'00"	18°16'00"



Fuente: ERM, 2015

Figura 5.1 Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 2

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



El criterio de selección de las estaciones, se fundamenta en la batimetría y la homogeneidad de los sedimentos (limo-arenosos y limosos) dentro del Área Contractual 2, por lo que se ha establecido un esfuerzo de 6 estaciones consideradas a su vez como réplicas, incluyendo un sitio de muestreo en la ubicación del pozo Luhua-1, reportado dentro del Área Contractual.

Tabla 5.2 *Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación*

Punto	Código de muestra	Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 15 Q)		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Profundidad
		Este	Norte			
1	B2 - B	359120.66	2029425.01	30/01/2016	20:30	41.3 m
2	B2 - C	359052.94	2020203.02	30/01/2016	22:45	33.0 m
3	B2 - Luhua 1	353552.50	2020318.94	31/01/2016	00:45	36.5 m
4	B2 - E	348570.15	2024483.04	31/01/2016	02:30	35.9 m
5	B2 - A	337984.95	2029591.50	31/01/2016	04:45	38.0 m
6	B2 - D	337907.40	2020368.86	31/01/2016	06:45	32.5 m

Fuente: ERM, 2016

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

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

Por otro lado para la caracterización pesquera es preciso indicar que el Área Contractual 2 se ubica en la plataforma continental interna y media del sureste del estado de Veracruz, aproximadamente a 10 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 I y II del Golfo de México.

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

En el marco contextual local del Área Contractual 2, se establecieron dos (02) zonas de pesca, cuyas estaciones se denominan L2-B (vértice nor-este del Área Contractual 2) y L2-D (vértice sur-oeste del Área Contractual 2), en donde realizarán las labores de pesca.



La elección de ambas zonas obedece a criterios de representatividad espacial del Área Contractual 2, teniendo en consideración que ambas estaciones mantienen una homogeneidad batimétrica.



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.

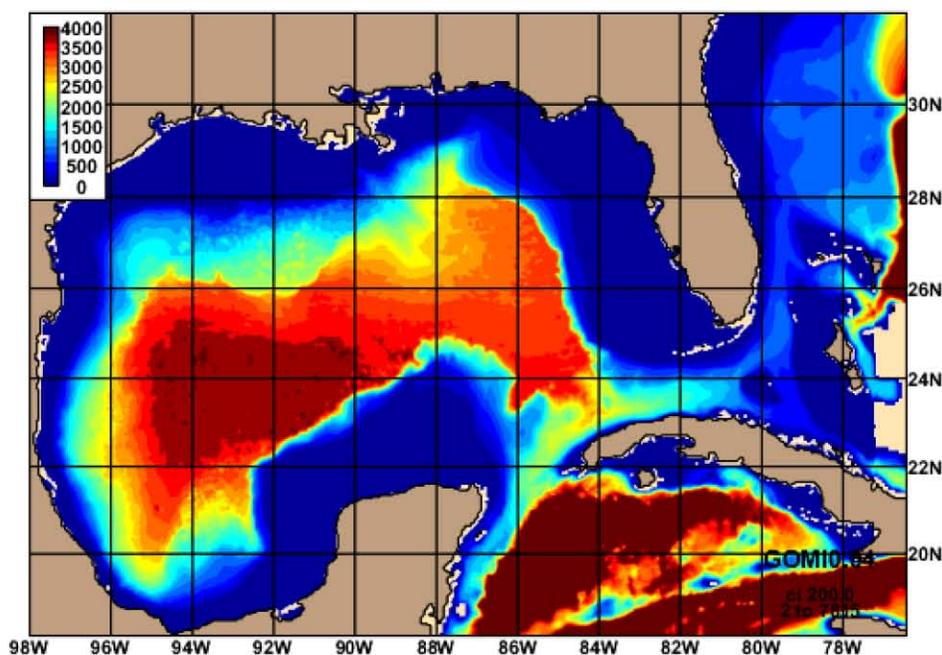
5.2. Medio Abiótico

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).

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 5.3 se muestran las profundidades para todo el modelo HYCOM del Golfo de México. Otra característica de la versión del modelo HYCOM para el Golfo de México, es la incorporación de los efectos de las mareas dentro del modelo hidrodinámico.



Fuente: HYCOM, 2015

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

5.2.1 Calidad de Agua de Mar

Para las determinaciones de calidad del agua de mar del Área Contractual 2, se definieron seis (6) estaciones de muestreo, las cuales se distribuyeron de la siguiente manera; cuatro (4) estaciones en los vértices del Área Contractual 2, una (1) estación en el centro del polígono y otra más ubicada en las coordenadas del pozo abandonado Luhua-1 (ver Figura 5.4).

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

- B2-A: esquina superior izquierda del polígono
- B2-B: esquina superior derecha del polígono
- B2-C: esquina inferior derecha del polígono
- B2-D: esquina inferior izquierda del polígono



- B2-E: centro del polígono
- B2-L: corresponde al pozo Luhua-1

La estación **B2-L**, fue considerada en base a la información proporcionada por la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), quién a través de la información suministrada originalmente por el operador anterior, dio a conocer la existencia de dicho pozo abandonado, por lo que se evaluará como estación adicional y permitirá determinar potenciales Daños Preexistentes.

En cada estación de muestreo se colectaron muestras a tres profundidades, obteniéndose un total de 18 muestras de agua de mar.

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

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

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

Así mismo, se llevó a cabo el registro de algunos parámetros de campo, el nombre de la muestra, la fecha y hora de la toma de muestra y su recepción en el laboratorio mediante una bitácora de campo, la cual se muestra en el Anexo 5.2.

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

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



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.4 Vista de la Roseta de botellas Niskin

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

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

Tabla 5.3 Parámetros analíticos de calidad del agua de mar

Parámetro	Método	Contenedor
Salinidad	SM 2520-Ed.20th 1998	Plástico de 1 L y medición en campo
Potencial hidrógeno (pH)	NMX-AA-008-SCFI-2011	Plástico de 1 L y medición en campo
Temperatura	NMX-AA-007-SCFI-2013	Plástico de 1 L y medición en campo
Oxígeno disuelto	NMX-AA-012-SCFI-2001	Plástico de 1 L y medición en campo
Turbidez	NMX-AA-038-SCFI-2001	Plástico de 1 L y medición en campo
Fluorescencia	No disponible	Medición en campo
Clorofila a ¹	SM 10200H Ed.19 -1995	Vidrio ámbar 1 L

¹ 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
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	EPA 160.2 1971	Plástico de 1 L
Hidrocarburos Totales del Petróleo (HTP)	Fracción Ligera (FL)	EPA 8015 D-2003
	Fracción Media (FM)	EPA 8015 D-2003
	Fracción Pesada (FP)	EPA 3510C-1996 / EPA 1664-1999
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	EPA 8270 D-2007	Vidrio ámbar de 1 L
Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX)	EPA 8260C-2006	Vial ámbar de 40 ml + HCl
Amonio (Nitrógeno amoniacal)	EPA 350.1 - 1993	Plástico de 1 L + H ₂ SO ₄
Nitritos	EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L
Nitratos	EPA 353.2 - 1993	Plástico de 1 L
Fosfatos	NMX-AA-029-SCFI-2001	Plástico de 1 L
Silicatos (Sílice)	EPA 6010C-2007	Plástico de 1 L
Metales (Hierro, Zinc, Cadmio, Plomo, Cobre, Cromo Total, Mercurio, Níquel, Cobalto, Vanadio, Bario y Estaño) ²	EPA 6010C-2007 / NMX-051-SCFI-2001	Plástico de 1 L + HNO ₃ y plástico de 250 ml

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 de agua para los parámetros acreditados y aprobados, mencionados anteriormente, por lo cual están calculados para agua terrestre y pueden ser ligeramente altos para agua marina. Sin embargo, todos los análisis y metodologías mantienen la calidad y validez.

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



5.2.2

Calidad de Sedimento Marino

Para la determinación de calidad del sedimento marino, se evaluaron 06 estaciones de muestreo, ubicados en las mismas coordenadas que las estaciones de evaluación de agua, teniendo en consideración los criterios antes mencionados.

Para la obtención de las muestras de sedimento marino se utilizó un equipo Boxcore (ver Figura 5.5) de la marca KC DENMARK A/S, y colectó 400 cm³ de sedimento aproximadamente por cada estación de muestreo. Este equipo aseguró la integridad de la muestra en su desplazamiento a la superficie. El sedimento obtenido se colocó en los contenedores para el análisis de cada parámetro, y fueron etiquetados, sellado y empaquetado para su almacenamiento.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.5 *Vista del Boxcore de corte cuadrado*

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

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



Tabla 5.4 Parámetros analíticos de calidad del sedimento marino

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

Fuente: ERM, 2016

El análisis de las muestras lo realizó el laboratorio ITS, el cual está acreditado ante la EMA con la acreditación número R-0044-003/11 y aprobado por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) con la aprobación número PFPA-APR-LP-RP-0012/13, para esta matriz.

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

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

³ 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 puntos de muestreo de calidad de agua y sedimento marino:

5.3.1.1 *Muestreo Cualitativo*

El muestreo cualitativo consistió en realizar arrastres verticales con una red estándar cónica provista con malla colectora de 20 μm de abertura de malla a lo largo de la columna de agua. Las 6 muestras obtenidas, fueron debidamente rotuladas y acondicionadas, y preservadas con solución de formalina neutralizada con bórax.

El análisis de las muestras estuvo a cargo del laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México (UNAM)⁴, 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.

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



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.6 Vista de red cónica de 20 µm empleada para la colecta de muestras de fitoplancton

5.3.1.2 Muestreo Cuantitativo

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

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

Para la identificación y posterior conteo de microalgas fueron empleadas claves taxonómicas actualizadas. Se determinaron como principales grupos a las diatomeas, los dinoflagelados, las cianofitas y los fitoflagelados. Los resultados se expresaron cuantitativamente en términos de “concentración celular” (n° células/l). Y a partir de estos registros se calcularon los índices de estructura comunitaria: diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Simpson (D) y equidad de Pielou (J').

5.3.2 Zooplancton e Ictioplancton

El muestreo de estos componentes se realizó en simultáneo mediante arrastres oblicuos con una red tipo Bongo provista con dos mallas colectoras de 150 y 300



μm de abertura de malla y flujómetros, y dirigidas a la captación de organismos del zooplancton e ictioplancton respectivamente.

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

El tratamiento y análisis de estas 6 muestras también se realizó en el laboratorio del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

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

5.3.3

Macrobentos

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

La colecta de muestras de macrobentos de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 2, se obtuvieron mediante el uso de un Box corer o muestreador de sedimentos de $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ de área (ver Figura 5.5). Obteniéndose un total de 06 muestras de las estaciones ubicadas de acuerdo a los criterios antes mencionados. (Ver Tabla 5.4).

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



Fuente, ERM, 2016

Figura 5.7 Muestreador de sedimentos (Box Corer)

Tabla 5.5 Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Macrobentos en el Área Contractual 2

Código de muestra	Coordenadas UTM (WGS 84, Zona 15 Q)		Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Profundidad
	Este	Norte			
B2 - B	359120.66	2029425.01	30/01/2016	20:30	41.3 m
B2 - C	359052.94	2020203.02	30/01/2016	22:45	33 m
B2 - Luhua 1	353552.5	2020318.94	31/01/2016	00:45	36.5 m
B2 - E	348570.15	2024483.04	31/01/2016	02:30	35.9 m
B2 - A	337984.95	2029591.5	31/01/2016	04:45	38 m
B2 - D	337907.4	2020368.86	31/01/2016	06:45	32.5 m

Fuente ERM, 2016

5.3.3.1 Metodología de muestreo en laboratorio

En el laboratorio se realizó el lavado y tamizado de cada muestra en tamices de diferentes medidas de ojo de malla (10000, 5000 y 1000 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, tamices, picetas, jeringas, mandiles plásticos, guantes de



látex, mascarillas, etc. Posteriormente, se procede a la determinación de los organismos bentónicos en dos etapas:

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

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

5.3.3.2 *Análisis de diversidad*

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

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

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

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

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

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

Dónde:

S = número de especies encontradas en la muestra.

N = abundancia total.



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

aN = Número total de individuos en el transecto A.

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

$$CMH = \frac{2\sum (a_i b_j)}{(d_a + d_b) a_N b_N}$$

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

5.3.4

Avifauna marina

La observación de aves marinas se realizó utilizando binoculares Celestron® 10 x 50 Upclose G2. Los individuos fueron registrados en un ángulo de 180 grados con



respecto a la proa del barco. El recuento se llevó a cabo utilizando un contómetro de mano o Tally Counter, y la identificación se realizó *in situ* con la ayuda de guías especializadas (Harrison 1983, Prater et al., 1991). Esta evaluación se llevó a cabo durante todo el itinerario (derrotero) del crucero bio-oceanográfico en el Área Contractual 2.

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

Tabla 5.6 Metodologías de Evaluación de Aves Marinas

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

Fuente: ERM, 2015

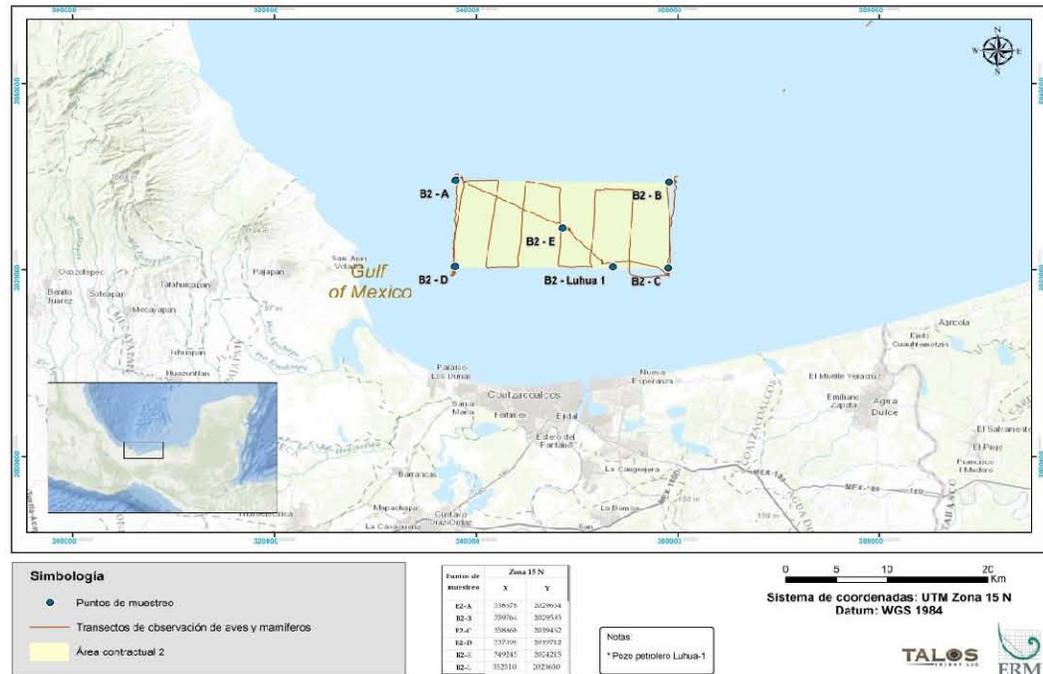
A fin de determinar una abundancia relativa, se establecieron unidades básicas muestrales (UBM) de 1 milla náutica, la cual fue implementada en un recorrido en “piernas” de muestreo. Se registró la especie, el número de individuos, las coordenadas de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, estado del tiempo, entre otros. En las estaciones de muestreo se hicieron observaciones complementarias (ver Figura 5.8).

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

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



Fauna y Flora Silvestre - CITES y los Apéndices de la Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres - CMS.



Fuente: ERM, 2016

Figura 5.8 Metodología de Evaluación de Aves Marinas

5.3.5 Mamíferos y tortugas marinas

La observación de mamíferos y tortugas marinas se realizó utilizando binoculares Celestron® 10 x 50 Upclose G2. Los individuos fueron registrados en un ángulo de 180° con respecto a la proa del barco. El conteo se llevó a cabo utilizando un contómetro de mano o Tally Counter, y la identificación se realizó *in situ* con la ayuda de guías especializadas (Para la determinación de especies se consultó Leatherwood et al. (1988) y Jefferson et al. (1993). Esta evaluación se llevó a cabo durante todo el itinerario (derrotero) del crucero bio-oceanográfico en el Área Contractual 2.

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. Se registró la especie, el número de individuos, las coordenadas de avistamiento, comportamiento, distancia a la costa, dirección,



estado del tiempo, entre otros. En las estaciones de muestreo se hicieron observaciones complementarias (ver Tabla 5.7)

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*TM de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN, Los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre - CITES, y los Apéndices de la Convención Sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres - CMS.

Tabla 5.7 Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas

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

Fuente: ERM, 2015

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).



Fotografía 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 5.9 Metodología de Evaluación de Tortugas y Mamíferos Marinos

5.3.6 Pesca exploratoria

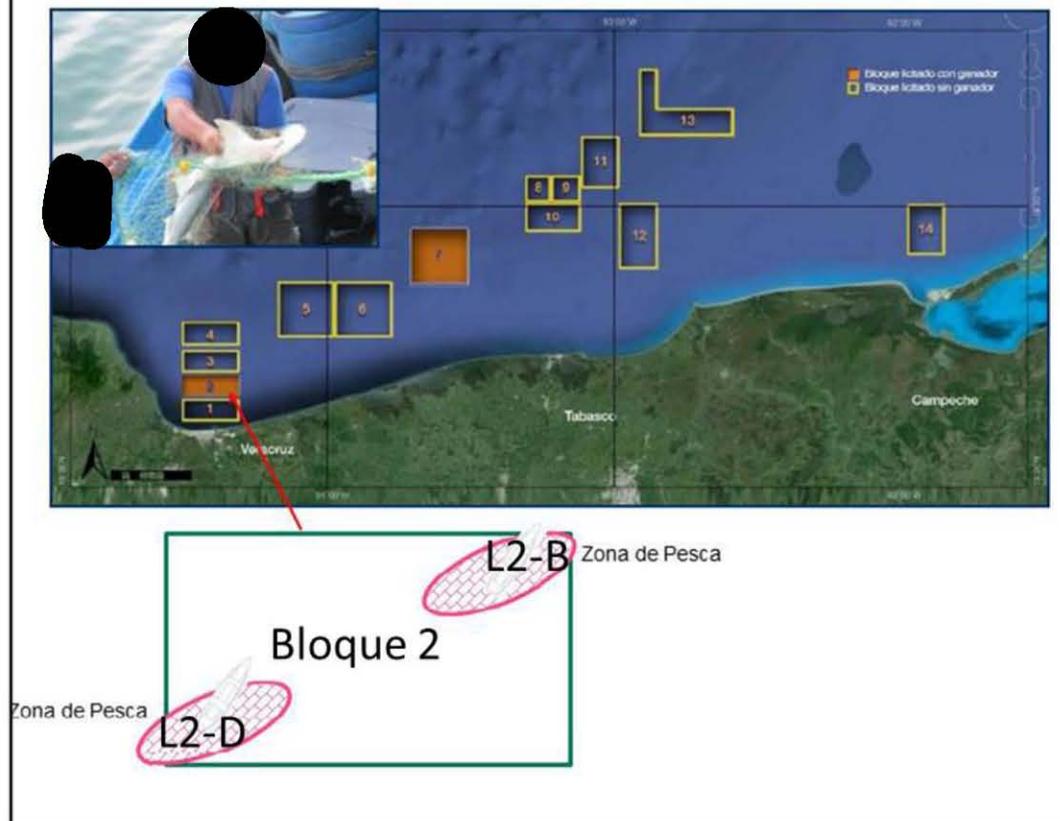
Para la evaluación de pesca exploratoria se utilizaron artes de pesca de baja selectividad, conformado por una agrupación serial de redes denominada "tren de redes agalleras", el cual incluyó 3 redes superficiales de tamaños de malla de 1, 2 y 3 pulgadas, encabalgadas en serie y sumando una longitud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

Las actividad de pesca se llevó a cabo en dos (02) zonas, cuyas estaciones se denominaron L2-B (vértice nor-este Área Contractual 2) y L2-D (vértice sur-oeste Área Contractual 2), en donde se lanzaron las artes de pesca seleccionadas (ver Figura 7).



Pesca Embarcada Exploratoria

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 5.10 Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 2.

Es importante señalar que se contempló el uso de artes de pesca complementarios, tales como cordeles con anzuelos y espineles de fondo. Estos aparejos son empleados por los pescadores artesanales de Veracruz y Tabasco. Dichos artes suelen ser más efectivos en las capturas en la zona evaluada del Área Contractual 2.

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



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

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

Fuente: ERM, 2016.

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

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 "romana" de 12 kg para el registro de especies de mayor peso.

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

Tabla 5.9 Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 2.

Parámetro a medir	Metodología	Unidad
Diversidad Relativa	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº especies/horas de captura
Abundancia Relativa	On-Site Taxonomist - FAO, 2013	Nº individuos por sp./horas de captura
Biomasa de Capturas (CPUE)	FAO, 1986	gr/horas de captura
Talla de Capturas	Comisión Internacional de Pesquerías del Atlántico Noroeste (CIPAN), 1985	Longitud total/individuo
Estadio Reproductivo	Holden y Raitt (1975) y Culquichicon <i>et al.</i> (1983)	Tabla de Holden y Raitt



Fuente: ERM, 2015

5.3.7

Efectos biológicos

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

Revisión bibliográfica

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

Determinación de la calidad del sedimento marino

En esta etapa, se colectaron muestras de sedimento marino (información primaria), para lo cual se evaluaron seis puntos de muestreo.

Análisis de resultados con Normas de Referencia

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

Asimismo, se utilizó la SQuiRTs de la NOAA y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a las valores meta holandesas y de intervención (2000).



6. Resultados

6.1. Generalidades

6.1.1 *Contexto regional*

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

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

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

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

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

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



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

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

Se considera que el Golfo de México es oligotrófico en la capa superficial debido a la 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 fungen como zonas de protección, reproducción y áreas de crianza de recursos pesqueros estuarinos-dependientes. Lo anterior corresponde al 40% de la captura comercial de peces (Caso, Pisanty, & Ezcurra, 2004).

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

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

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

6.1.2 *Contexto local*

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

De acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe publicado en el DOF el 24 de noviembre de 2012 el Área Contractual 2 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*

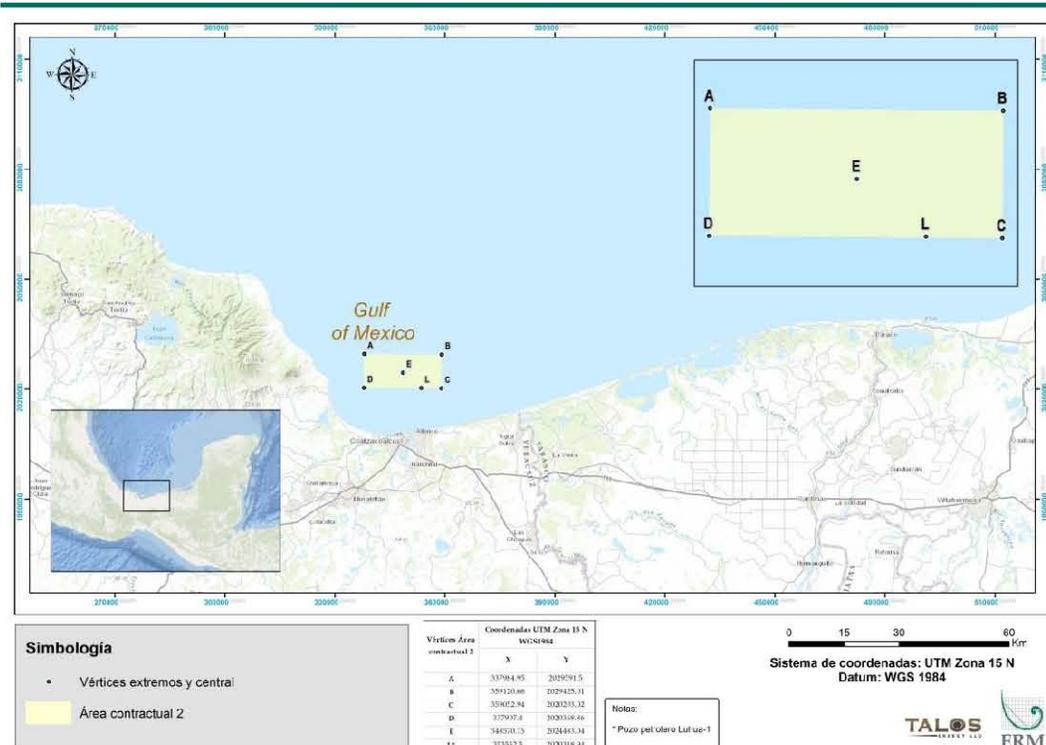
Clave	Descripción
ZGS-01	Evitar la afectación a pastos marinos derivado de actividades o proyectos. Considerar que los estudios de impacto Ambiental requeridos demuestren la no afectación a estos organismos.
ZGS-02	La captura de ejemplares de mamíferos marinos, aves y reptiles se permitirá únicamente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

Fuente: POEM, 2012

Área de estudio

El Área Contractual 2 se encuentra contigua al Área Económica Exclusiva mexicana a una distancia aproximada de 12 km (6 millas náuticas) de la costa de Coatzacoalcos, Veracruz, desde el vértice 4. Dicha área se encuentra dentro de la zona marina de competencia federal y tiene un área aproximada de 198 km². Los vértices de dicha zona han sido previamente indicados en la metodología del presente documento.

El área de estudio corresponde al Área Contractual 2 y dentro de esta se realizaron los puntos de muestreo. Estos se definieron tomando en cuenta los vértices extremos, el centro y la localización declarada del pozo Luhua-1. Estos puntos se seleccionaron con base en las condiciones batimétricas y sedimentológicas que respaldan la representatividad de las muestras tomadas debido a la uniformidad y continuidad del área. Así mismo, tal como se describe en las secciones subsecuentes, las condiciones meteorológicas, pluviométricas e hidrodinámicas son constantes dentro de dicha área, por lo que la calidad ambiental del área de estudio puede ser estimada a partir de los puntos de muestreo establecidos. El área de estudio por tanto corresponde al Área Contractual y se muestra en la Figura 6.1.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.1 Área contractual y área de estudio

6.2. Medio abiótico

6.2.1 Geología regional

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



principales formaciones arrecifales de México. Cabe destacar que el Área Contractual 2 se ubica dentro de las unidades morfotectónicas número dos y tres.

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

6.2.2

Geomorfología regional

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

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

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

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



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

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

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

6.2.3

Geología y geomorfología local

De forma general la provincia petrolera del sureste, en la que se encuentra el Área Contractual 2, se subdivide en tres provincias geológicas:

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

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



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

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

6.2.4 *Clima y meteorología*

6.2.4.1 *Clima*

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

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

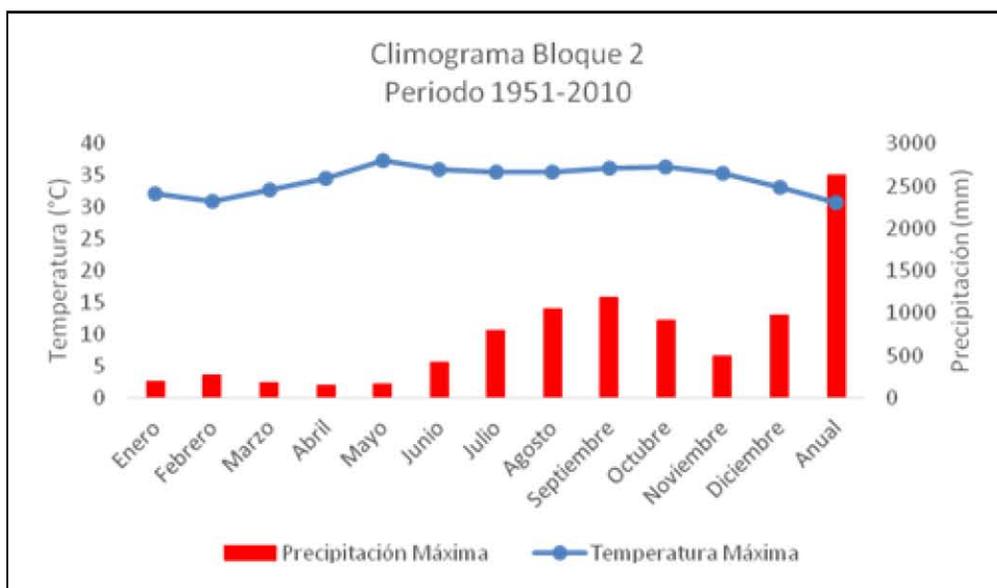
El clima dominante en la región del Área Contractual es de tipo Amw, caliente subhúmedo con lluvias en verano; presentando una temperatura media anual de 26°C. El promedio de la temperatura anual registrada para Veracruz, en la estación meteorológica Nanchital (Lat. 18°04'00" N, Long. 94°25'00" W), en el periodo comprendido entre 1951-2010, presenta un valor de 30.7 °C (ver Tabla 6.2) (CONAGUA, 2010).



Tabla 6.2 *Temperatura máxima, estación meteorológica Nanchital*

Temperatura máxima mensual en el periodo comprendido entre 1951-2010					
Mes	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	26.7	32.1	1973	38.5	22
Febrero	27.2	30.9	1962	37.5	21
Marzo	30.5	32.8	1973	39.5	23
Abril	32.7	34.6	1964	43	23
Mayo	34.4	37.3	1980	42	23
Junio	33.1	35.9	1969	40	23
Julio	32.2	35.6	1972	40	21
Agosto	32.5	35.6	1972	40	21
Septiembre	32.1	36.1	1972	40	21
Octubre	30.6	36.3	1972	39	23
Noviembre	29	35.4	1972	39.5	23
Diciembre	27.9	33.1	1972	37	22
Anual	30.7				

Fuente: CONAGUA, 2010.



Fuente: CONAGUA, 2010.

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



6.2.4.2

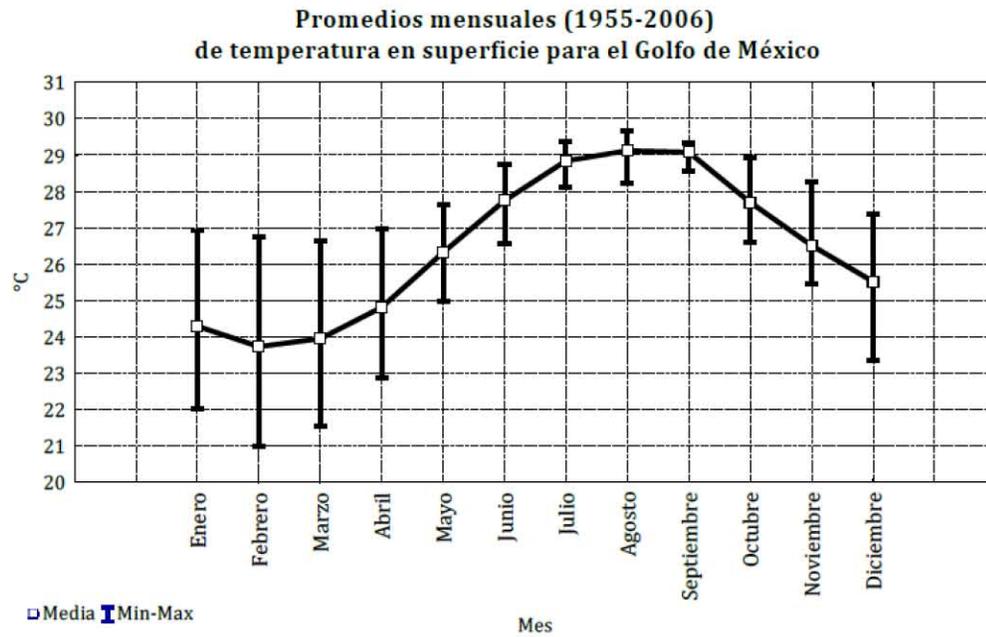
Temperatura media anual y mensual

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

Los valores de temperatura superficial del océano (TSO) registrados mensualmente para la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México de 1955 a 2006 reflejan una temporalidad estacional en los datos⁵. 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 (ver Figura 6.2).

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

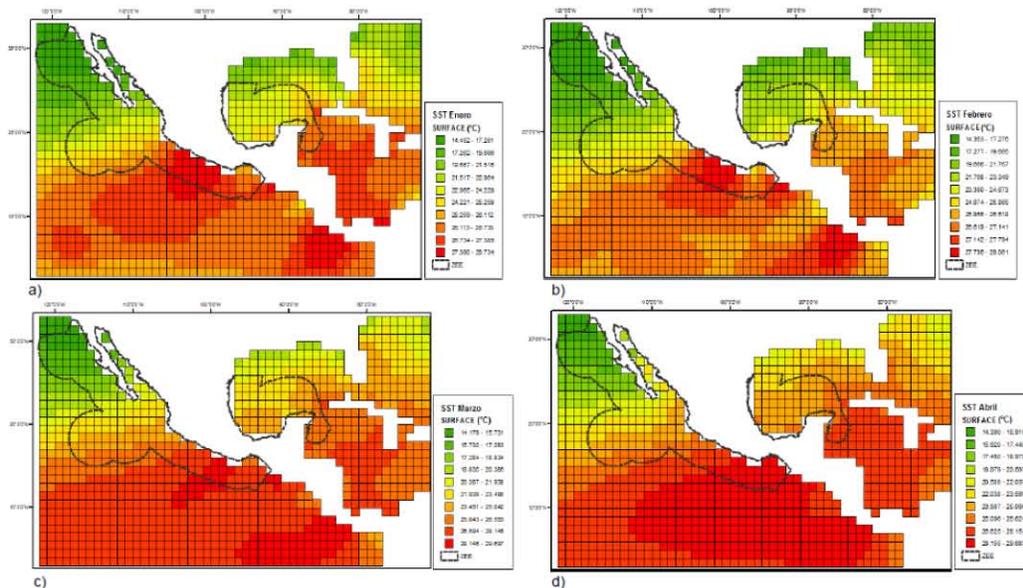
⁵ La mayor parte de la información disponible para la elaboración de este estudio, corresponde a la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México



Nota: las barras representan los valores mínimos y máximos.

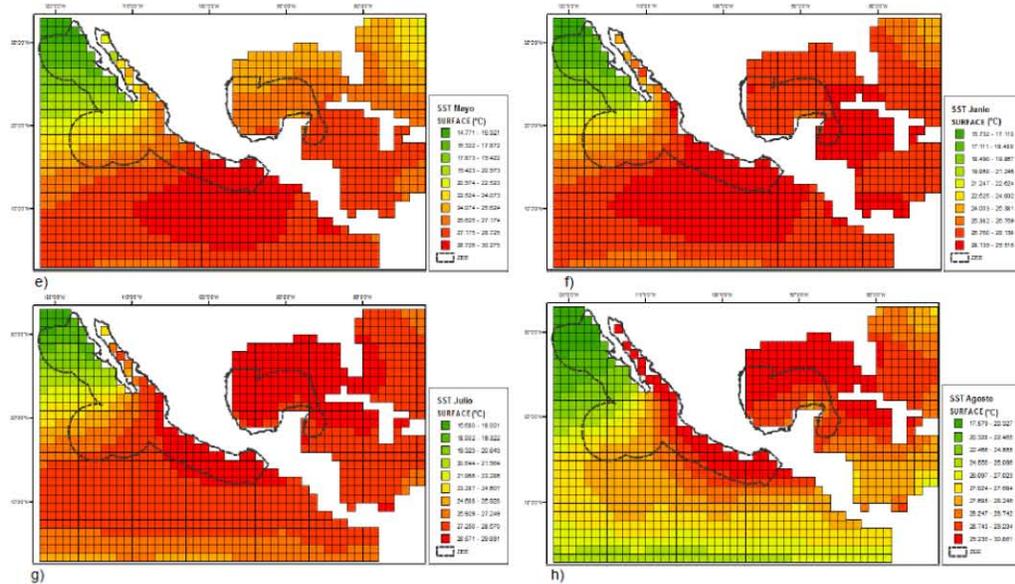
Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

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



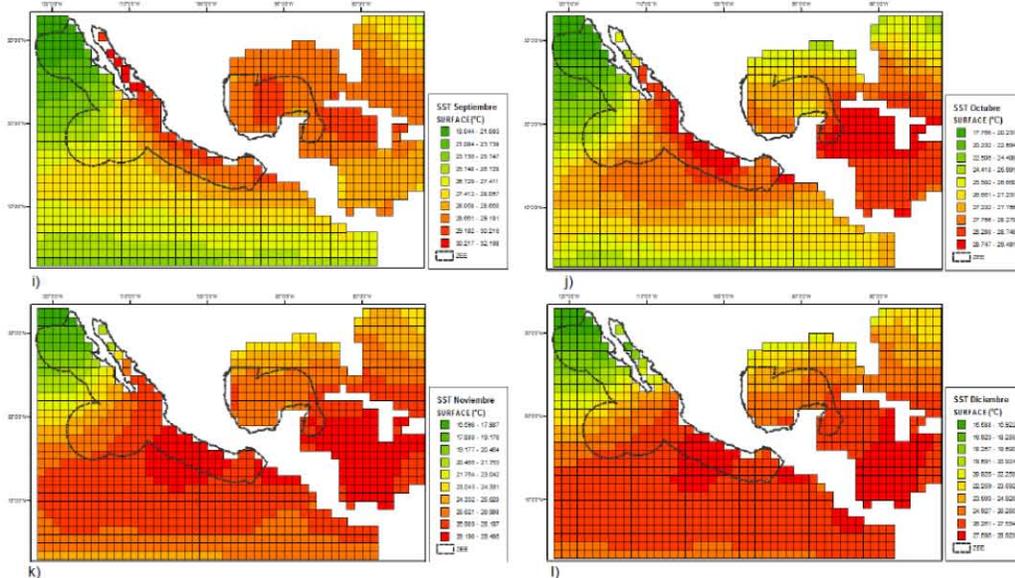
Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

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



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

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



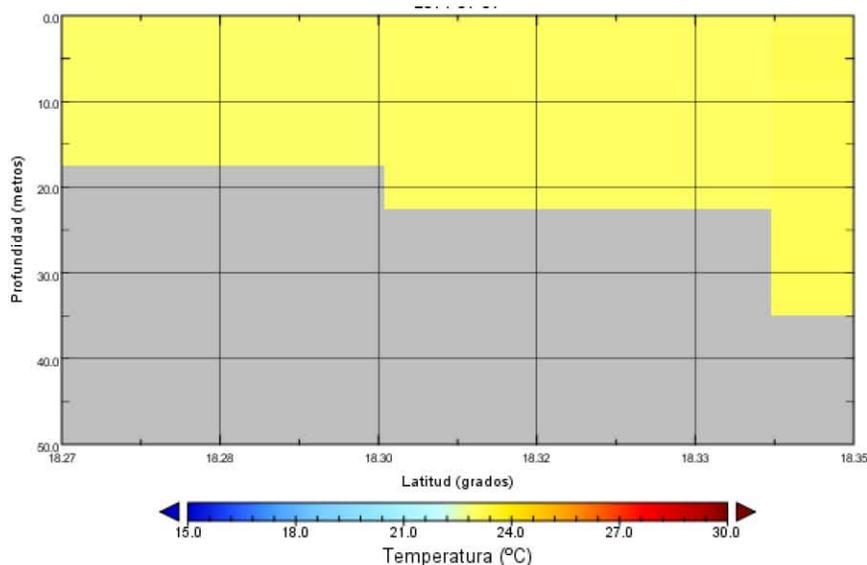
Fuente: De la Lanza Espino y Gómez-Rojas, 2004

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

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



°C y 19 °C debido a los vientos provenientes del norte, los cuales ponen resistencia a las aguas cálidas provenientes del sureste (De la lanza y Gómez, 2005). En la Figura 6.6 se presenta un ejemplo de perfil térmico (1 de enero del 2014) generada del modelo HYCOM para el área en donde se ubica el Área Contractual 2.



Fuente: Ajustado de HYCOM, 2016

Figura 6.6 Ejemplo perfil térmico para el Área Contractual 2 generada del modelo HYCOM

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la campaña de muestreo de línea base, se pudo observar que el rango de temperatura fue de 23.0 a 24.1 °C, estando por tanto, arriba del promedio acostumbrado para esta época del año.

6.2.4.3 Precipitación media anual y mensual

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

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

Valores de precipitación media anual y mensual correspondientes al periodo comprendido entre 1951-2010					
	Normal	Máxima mensual	Año de máxima	Máxima diaria	Años con datos
Enero	128.2	195	1972	115	22
Febrero	105.3	273.6	1981	185	21
Marzo	48.6	180.5	1965	86	23
Abril	41.2	153	1962	100	23



Valores de precipitación media anual y mensual correspondientes al periodo comprendido entre 1951-2010					
Mayo	56.1	169.5	1982	86	23
Junio	225.2	425.5	1970	127.5	23
Julio	254.6	787	1982	520	21
Agosto	321	1045	1982	620	21
Septiembre	473.8	1188	1982	301	23
Octubre	440.6	914	1961	234.5	23
Noviembre	269	495.3	1972	340.5	23
Diciembre	262.8	970.4	1983	320	22
Anual	2626.4				

Fuente: Tomado de CONAGUA, 2010

6.2.4.4

Humedad relativa

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

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

Tabla 6.4 Promedio estatal climatológico

Parámetro	Normales climatológicas Veracruz, Ver. Periodo 1981-2000												Observatorio sinóptico Dependencia: SMN-CNA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Latitud N. 19°09'40" Longitud W. 96°08'13" Altitud 19.4 msnm													
Temperatura													
Promedio de máxima	24.7	25.0	27.4	29.2	31.1	31.4	31.2	31.2	30.8	29.7	27.7	25.9	28.8
Media	21.5	21.9	24.0	25.8	27.8	28.1	27.5	27.6	27.2	26.2	24.2	22.6	25.4
Promedio de mínima	18.4	18.8	20.7	22.5	24.6	24.8	23.8	23.9	23.6	22.7	20.7	19.3	22.0



Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	Latitud N. 19°09'40" Longitud W. 96°08'13" Altitud 19.4 msnm	Normales climatológicas Veracruz, Ver. Periodo 1981-2000											
Mínima extrema	5.8	7.2	2.0	9.0	4.5	17.9	19.8	13.2	17.0	2.0	2.0	0.2	0.2
Oscilación	6.3	6.2	6.6	6.6	6.4	6.7	7.4	7.3	7.2	6.9	7.1	6.6	6.8
Total horas insolación	162.0	165.0	192.0	205.0	203.0	207.0	187.0	177.0	162.0	170.0	179.0	161.0	2171
Humedad													
Temperatura bulbo húmedo	19.4	20.0	21.4	23.1	25.1	24.2	25.1	25.2	24.8	23.5	21.8	20.5	22.8
Humedad relativa media	81	79	74	77	72	73	79	80	79	77	79	81	78
Evaporación	138	136	167	190	197	192	187	194	181	180	178	144	2083.8
Precipitación													
Total	37.9	17.8	13.1	24.4	74.2	196.3	385.1	320.5	292.6	130.7	32.0	39.6	1564.0
Máxima	212.8	90.6	61.2	101.4	238.7	438.2	823.2	552.6	626.8	292.7	101.8	147.5	823.2
Máxima en 24 horas	70.8	58.3	59.6	75.5	141.2	105.0	181.0	117.4	122.1	122.2	37.5	62.5	181.0
Máxima en 1 hora	25.3	50	24.6	35.0	55.2	62.8	64.7	89.2	59.2	44.7	23.0	41.8	89.2
Presión													
Media en la estación	1014.2	1011.2	1015.8	1009.1	1006.4	1008	1011.6	1011.4	1008.9	1011.8	1012.5	1015.5	1011.4
Viento máximo diario													
Magnitud media	11.0	10.4	10.1	10.2	9.1	8.9	8.8	8.4	9.7	10.0	10.3	10.7	9.8
Fenómenos especiales													
Lluvia apreciable	5.3	3.1	3.8	3.8	5.0	12.8	18.5	16.4	15.4	10.6	6.2	5.7	106.7
Despejados	2.7	4.0	6.1	4.8	3.8	1.4	0.6	0.6	0.5	1.2	2.6	2.9	31.1
Medio	13.3	13.3	13.5	14.3	17.5	13.3	12.6	12.5	10.4	14.3	14.6	11.6	161.2



Latitud N. 19°09'40" Longitud W. 96°08'13" Altitud 19.4 msnm		Normales climatológicas Veracruz, Ver. Periodo 1981-2000											Observatorio sinóptico Dependencia: SMN-CNA
Parámetro	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
nublados													
Nublado/cerrado	15.0	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	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.6
Helada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Tormenta eléctrica	0.0	0.1	0.7	0.7	2.1	6.5	9.2	11.9	8.2	2.2	0.9	0.4	43.0
Niebla	11.9	16.1	15.2	15.8	11.0	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)													

Fuente: CONAGUA, 2010



Fuente: Tomado de Capel-Molina, 1980

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

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

6.2.4.5 Evaporación media anual

El valor máximo de la evaporación media mensual registrada para la zona cercana al Área Contractual 2 (Alvarado, Veracruz) en el periodo comprendido entre 1956-2002, se presentó durante el mes de mayo y el valor mínimo durante los meses de diciembre y enero (ver Tabla 6.5 y Tabla 6.6).

Tabla 6.5 Evaporación mensual registrada para el estado de Veracruz en el periodo comprendido entre 1956 y 2002

Mes	Año Inicio	Año Fin	No. Años	Valor Máximo (mm)	Valor Mínimo (mm)	Valor Medio (mm)
Enero	1956	2002	21	8.6	0.1	2.9
Febrero	1955	2002	22	11.2	0.1	3.7



Mes	Año Inicio	Año Fin	No. Años	Valor Máximo (mm)	Valor Mínimo (mm)	Valor Medio (mm)
Marzo	1955	2002	25	14.3	0.1	4.8
Abril	1961	2001	22	16.4	0.2	5.6
Mayo	1961	2002	26	17.0	0.7	5.9
Junio	1962	2002	24	16.0	0.3	5.6
Julio	1961	2002	20	14.9	0.4	5.3
Agosto	1961	2002	21	11.6	0.4	4.8
Septiembre	1961	2002	22	11.4	0.5	4.5
Octubre	1961	2002	21	10.8	0.3	4.2
Noviembre	1960	2001	22	9.1	0.4	3.4
Diciembre	1960	2001	22	10.3	0.2	2.9

Fuente: CONAGUA, 2010.

Tabla 6.6 *Evaporación mensual y promedio anual en la estación meteorológica Nanchital.*

<i>Evaporación mensual y promedio anual en el periodo comprendido entre 1971-2000</i>		
	Normal	Años con datos
Enero	61	14
Febrero	61.8	14
Marzo	105.7	13
Abril	113.2	12
Mayo	148	13
Junio	112.5	12
Julio	109.3	11
Agosto	101	13
Septiembre	98.3	13
Octubre	82.9	12
Noviembre	67.9	12
Diciembre	61.7	13
Anual	1123.3	

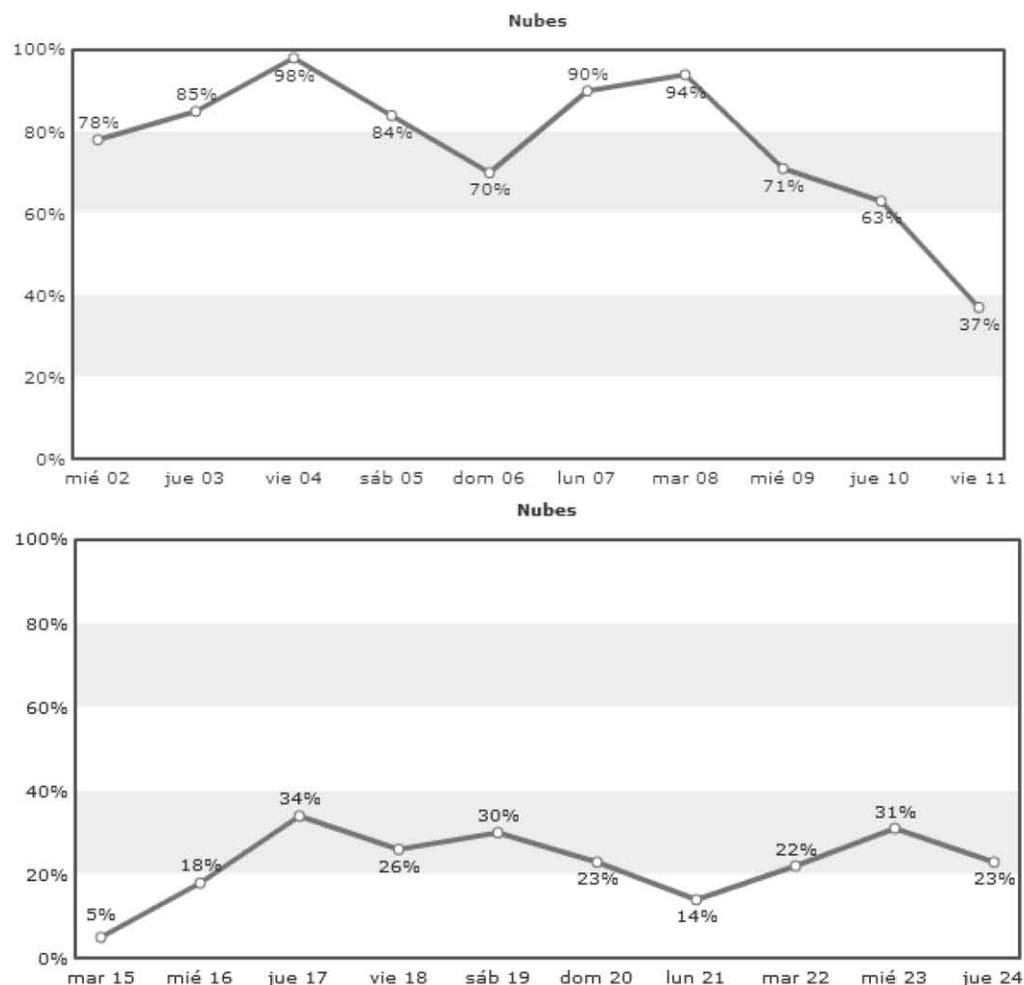
Fuente: CONAGUA, 2010.

6.2.4.6 *Nubosidad promedio anual*

La nubosidad en el Sur del Golfo de México, muestra mediante datos precisos y recientes que durante la primera mitad del mes de diciembre (2015), la nubosidad se mantiene de forma general en el estado de Veracruz, cubriendo la mayor parte



del estado (hasta el 98%), con lluvias; sin embargo, para la segunda mitad del mes de diciembre la cobertura disminuye (5 - 34 %) (ver Figura 6.8 y Tabla 6.7).



Fuente: SMN, 2015

Figura 6.8 Promedio de la nubosidad diaria en el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 2 (Veracruz)

Tabla 6.7 Promedio de la nubosidad durante el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 2 (Estación Coatzacoalcos-Veracruz)

Fecha	Nubosidad (%)
02 Diciembre	78
03 Diciembre	85
04 Diciembre	98
05 Diciembre	84
06 Diciembre	70



Fecha	Nubosidad (%)
07 Diciembre	90
08 Diciembre	94
09 Diciembre	71
10 Diciembre	63
11 Diciembre	37
15 Diciembre	5
16 Diciembre	18
17 Diciembre	34
18 Diciembre	26
19 Diciembre	30
20 Diciembre	23
21 Diciembre	14
22 Diciembre	22
23 Diciembre	31
24 Diciembre	23

Fuente: SMN, 2015

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

6.2.4.7

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

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

No obstante, en el área, se presentan también eventos extremos de suma peligrosidad y que tienen consecuencias sobre el medio ambiente e incluso sobre la economía. Tal es el caso de los siguientes eventos extremos ocurridos cercanos al área de estudio durante el periodo 1978-2014 (ver Tabla 6.8).



Tabla 6.8 *Eventos extremos reportados para la zona del Área Contractual 2, del periodo 1978-2014.*

Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra	Vientos máx. (km/h) a/	Categoría b/
Bess	Agosto 1978	Tecolutla, Ver.	75	TT
Hermine	Septiembre 1980	Catemaco, Ver. c/	110	TT
Edouard	Septiembre 1984	Este de Nautla, Ver.	65	TT
Debby	Septiembre 1988	Tuxpan, Ver.	120	H1
Dina	Agosto 1990	Tuxpan, Ver. c/	158	H2
Gert	Septiembre 1993	Tuxpan, Ver. c/	148	H1
DT6	Agosto 1995	Tamiahua, Ver.	55	DT
Roxane	Octubre 1995	Martínez de la Torre, Ver. c/	45	DT
Dolly	Agosto 1996	Pueblo Viejo, Ver. c/	130	H1
DT2	Julio 1999	Cazones-Tuxpan, Ver.	55	DT
DT11	Octubre 1999	Noreste de Coatzacoalcos, Ver.	55	DT
Bret	Julio 2005	Sur de Tuxpan, Ver.	65	TT
Gert	Julio 2005	Sureste de Pánuco, Ver.	75	TT
José	Agosto 2005	Sureste de Vega de Alatorre, Ver.	85	TT
Stan	Octubre 2005	San Andrés Tuxtla, Ver. c/	130	H1
Dean	Agosto 2007	Tecolutla, Ver. c/	155	H2
Lorenzo	Septiembre 2007	Tecolutla, Ver.	130	H1
Marco	Octubre 2008	Este de Misantla, Ver.	65	TT
Karl	Septiembre 2010	Playa de Chachalacas, Ver. c/	185	H3
Arlene	Junio 2011	Cabo Rojo, Ver.	100	TT
Harvey	Agosto 2011	Alvarado, Ver.	55	DT
Nate	Septiembre 2011	Noroeste del Puerto de Veracruz	95	TT
Ernesto	Agosto 2012	Noroeste de Coatzacoalcos, Ver. c/	110	TT
Bary	Junio 2013	Playa La Mancha, Ver.	75	TT
Fernand	Agosto 2013	Zempoala, Ver.	85	TT
Doly	Septiembre 2014	Horconcitos, Ver.	45	DT



Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra	Vientos máx. (km/h) a/	Categoría b/
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 CONAGUA, 2015

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

6.2.4.8

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).

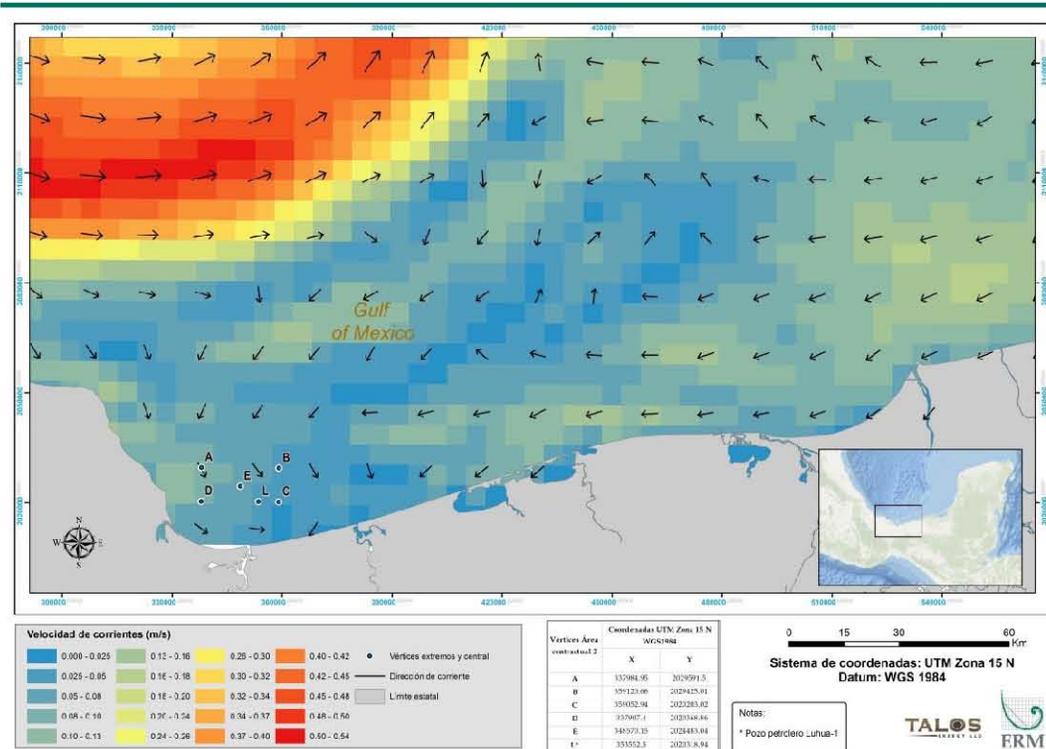
La circulación de las corrientes en la zona oeste del Golfo de México es muy variable ya que en verano las corrientes tienden a moverse en dirección de la



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

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

De acuerdo con la literatura, el área de estudio se encuentra comprendida dentro de una zona de baja velocidad de corrientes comprendida entre los 0.025 m/s y 0.10 m/s. Así mismo, el patrón de circulación predominante presente una dirección este-sureste hacia las costas de Allende, tal como se muestra en la Figura 6.9.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.9 Patrón de circulación de corrientes superficiales ($m s^{-1}$) en el área de influencia del Área Contractual 2.

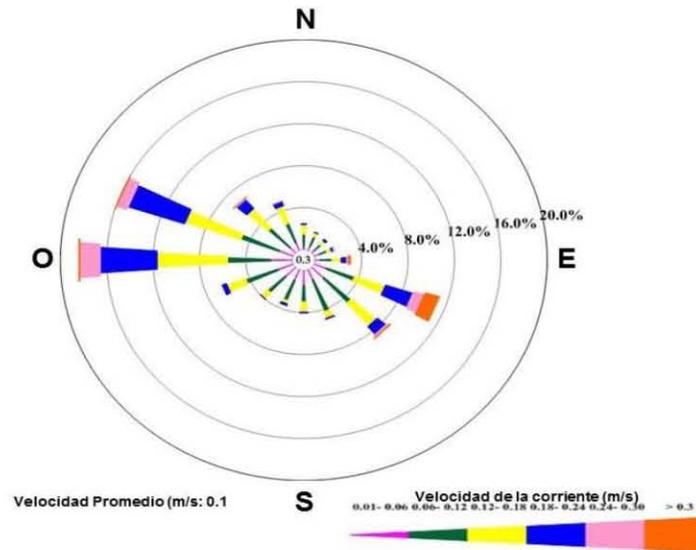
Para caracterizar el Área Contractual, se obtuvieron datos del modelo HYCOM por hora para el periodo 2009-2014. Para toda la región del Golfo de México, los valores de corrientes, salinidad y temperatura están disponibles en intervalos de 5 m para profundidades entre 0-30 m, de 10 m entre 40-100 m, de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

En la Figura 6.10 se muestra un diagrama de rosa de las corrientes (velocidades y dirección promedio) para el área de estudio con base en datos correspondientes al periodo 2009-2014.

Por otro lado, en la Figura 6.11 y Figura 6.12 se presentan ejemplos de corrientes superficiales marinas (imágenes al instante) en el Golfo de México obtenido 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 No. 2 en la parte sur del Golfo de México están un tanto protegidas de esta variabilidad. El fondo de los remolinos de las corrientes contrarreloj (a la izquierda) en el sureste del Golfo de México, a menudo dirige corrientes superficiales desde el sitio del Área Contractual 2 hacia el este. En otras ocasiones, las corrientes de la península de Yucatán que viajan paralelas a la costa, hacia el sur y luego hacia el oeste, son más fuertes que los remolinos contrarreloj,

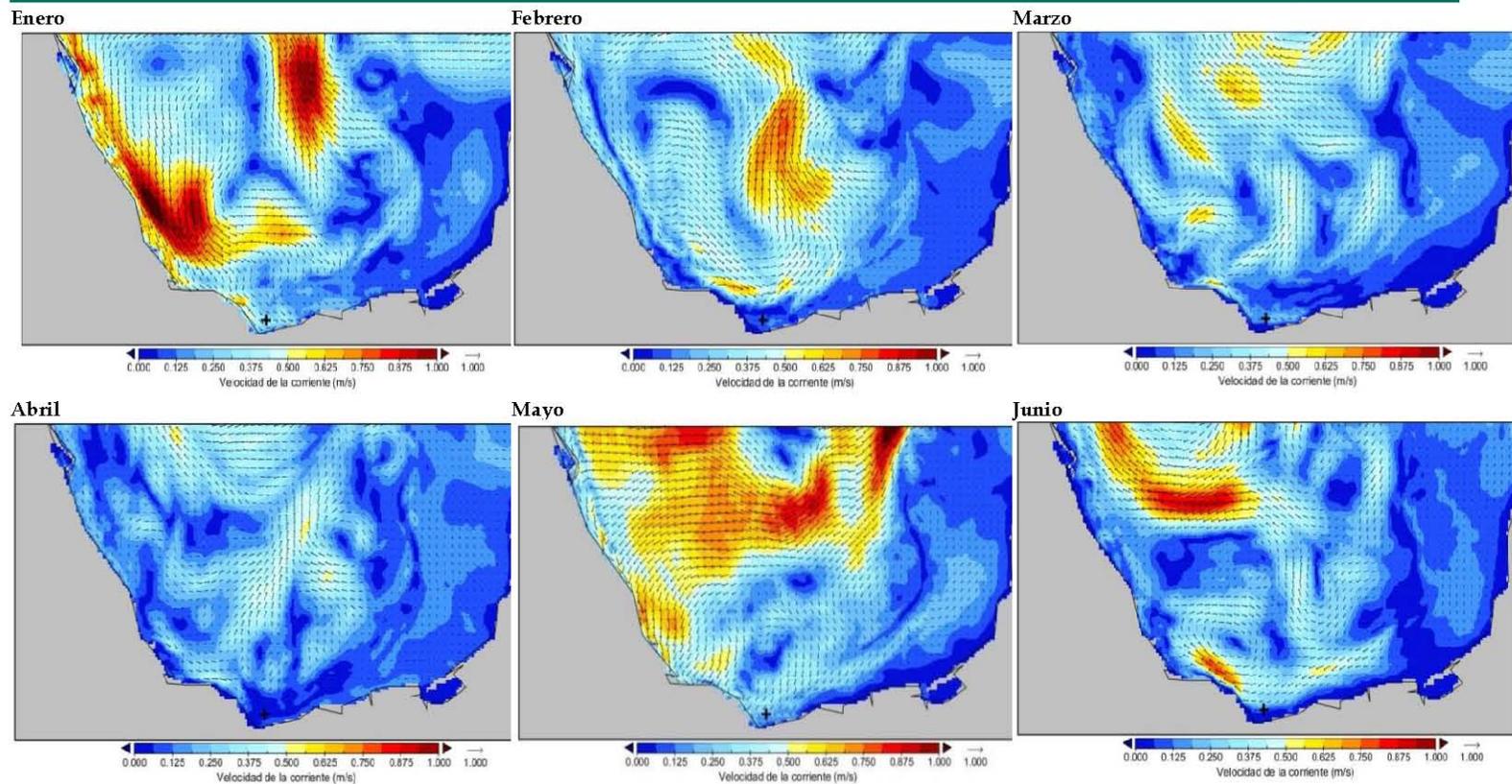


haciendo que la dirección de la corriente superficial en el área de estudio se invierta y viaje hacia el oeste . El predominio de este a oeste en el patrón direccional de las corrientes se exhibe durante todo el año (ver Figura 6.11 y Figura 6.12).



Fuente: HYCOM, 2016

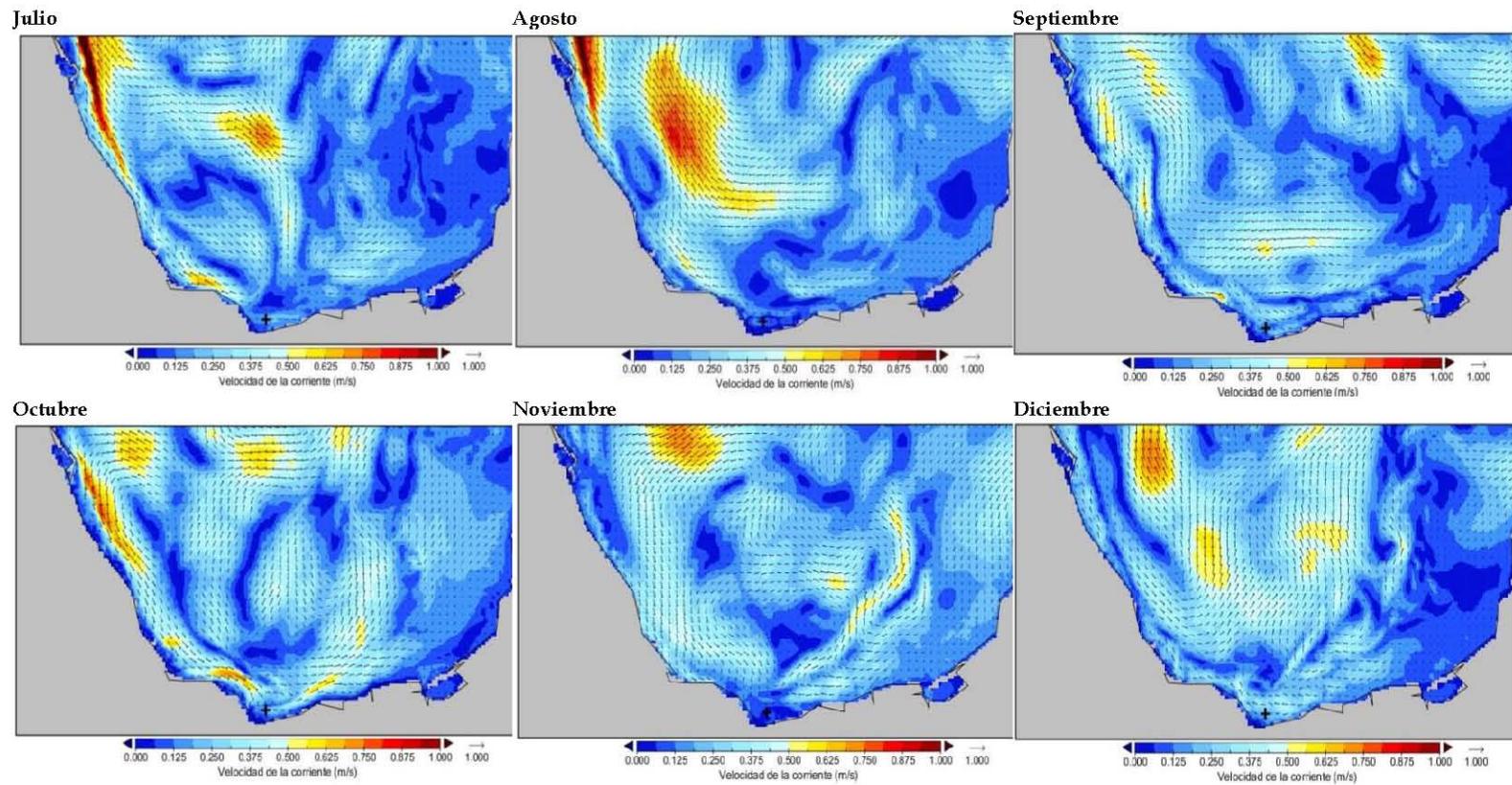
Figura 6.10 Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 2



Nota: + Ubicación del Área Contractual 2

Fuente: HYCOM, 2016

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



Nota: + Ubicación del Área Contractual 2

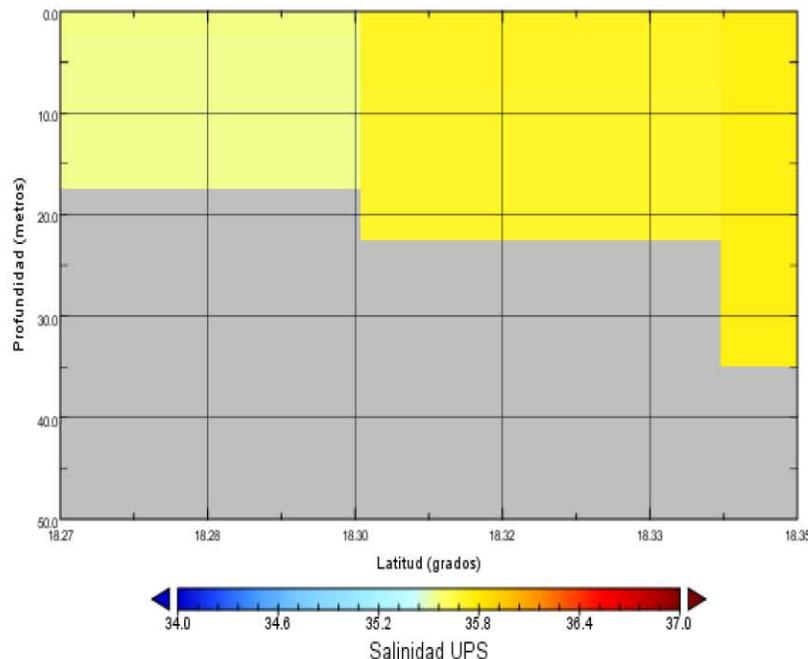
Fuente: HYCOM, 2016

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



Dentro de las gráficas realizadas se señala con un signo “+” el Área Contractual y se puede observar que únicamente en 5 casos se pueden pronosticar corrientes en dirección a la costa en velocidades menores a 0.25 m/s, de tal manera que en su mayoría las corrientes favorecen un flujo contrario a la dirección de costa y redundancia alrededor del área de estudio. Este resultado es benéfico ayuda para acotar las interacciones potenciales futuras de un proyecto en el área de estudio a esta misma zona únicamente sin involucrar los ambientes costeros.

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



Fuente: HYCOM, 2016

Figura 6.13 Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 2 generada del modelo HYCOM

De acuerdo con los resultados en campo, la salinidad se encuentra en un rango entre 30.48 y 35.75 UPS, es decir, por debajo de lo reportado en la literatura y de lo obtenido mediante el modelo HYCOM. Esto quizá ocasionado por las temperaturas ligeramente elevadas con respecto a lo registrado en bibliografía y lo predicho por los modelos (ver 6.2.4.3).



6.2.4.9

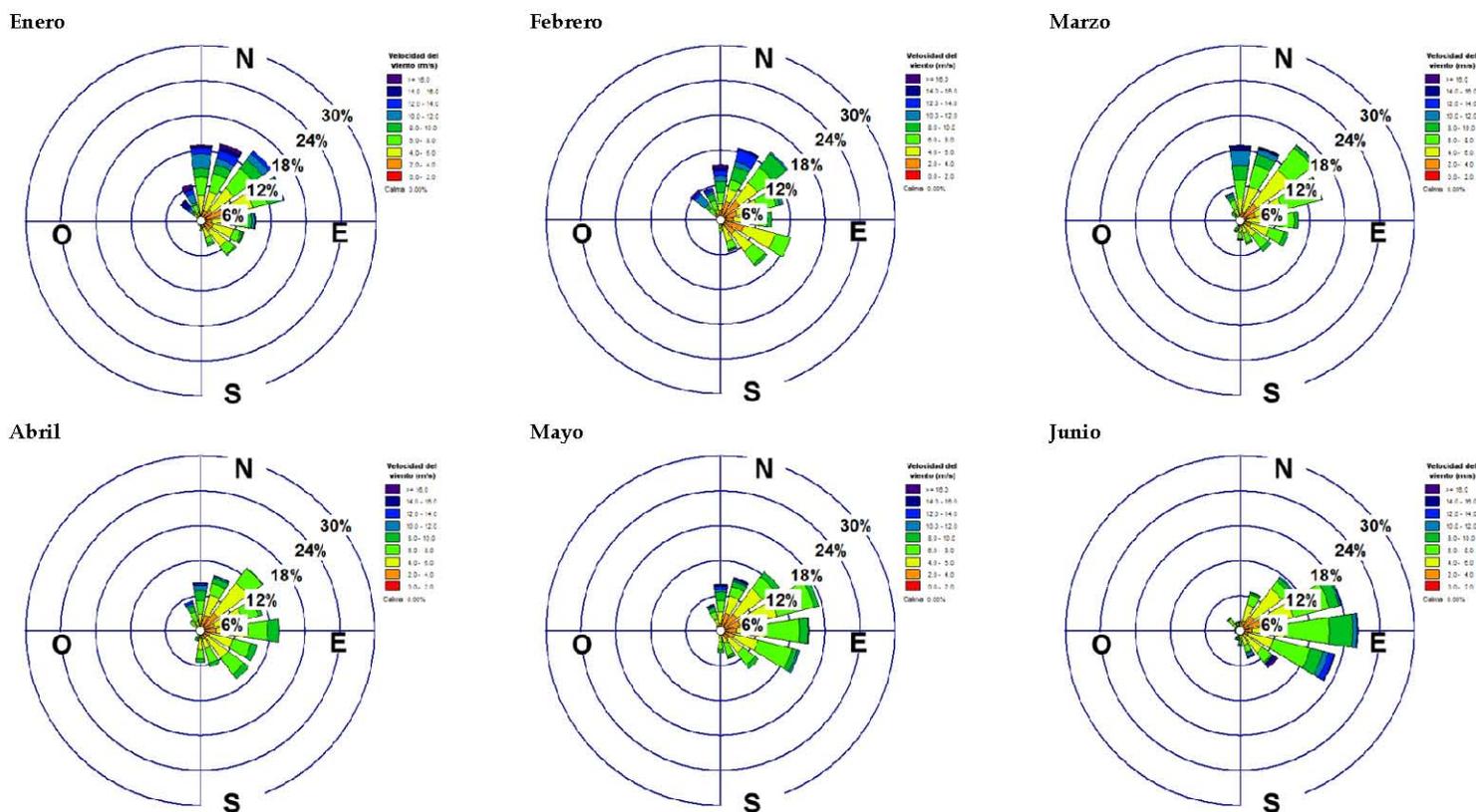
Vientos dominantes, velocidad y dirección

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

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

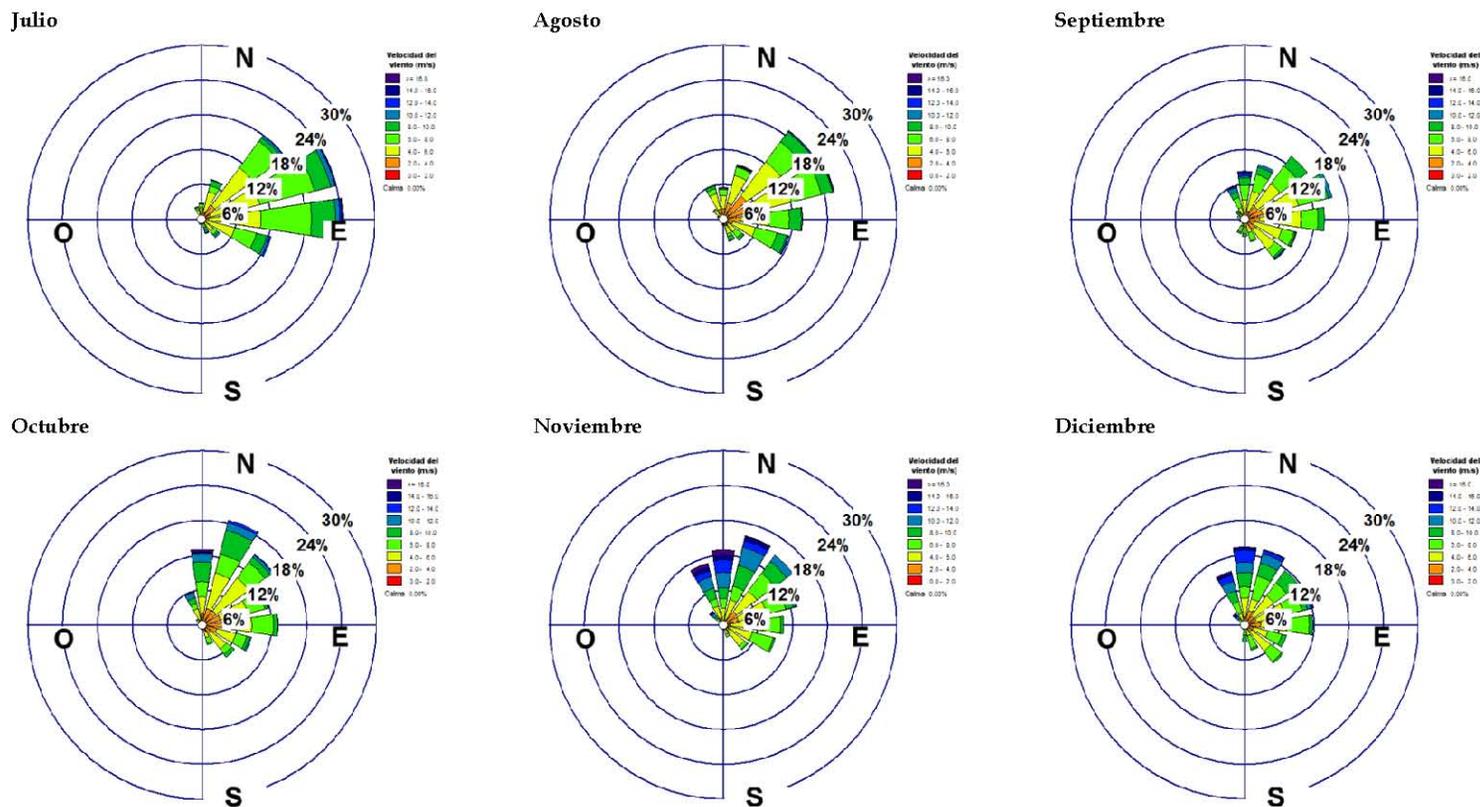
En el Golfo de México la mayor parte del año los vientos tienen una dirección predominante Este-Sureste, con una intensidad máxima de 4.11 m/s, en tanto que en la temporada de Nortes (octubre a febrero) la dirección es al Noroeste, con una velocidad que varía entre los 26.75 m/s a 37.04 m/s (Monreal-Gómez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

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



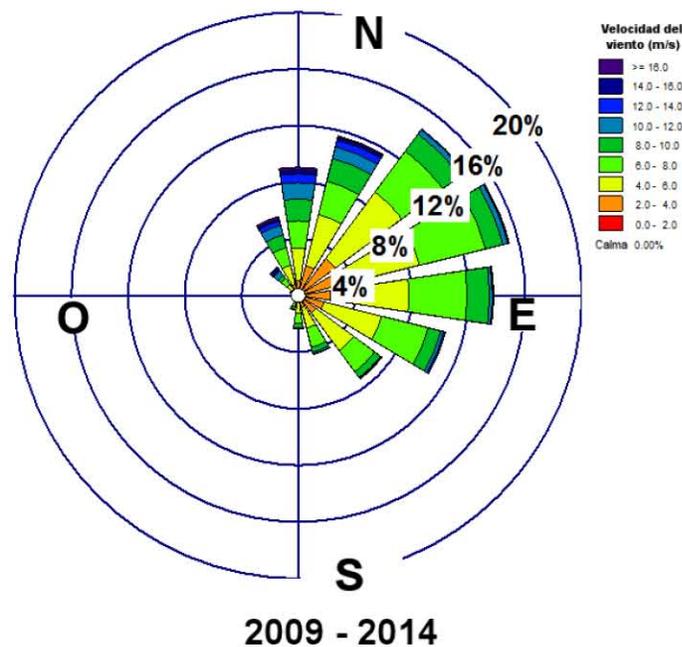
Fuente: ERM, 2016

Figura 6.14 Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5° y latitud 19.0)



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.15 Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5° y latitud 19.0)



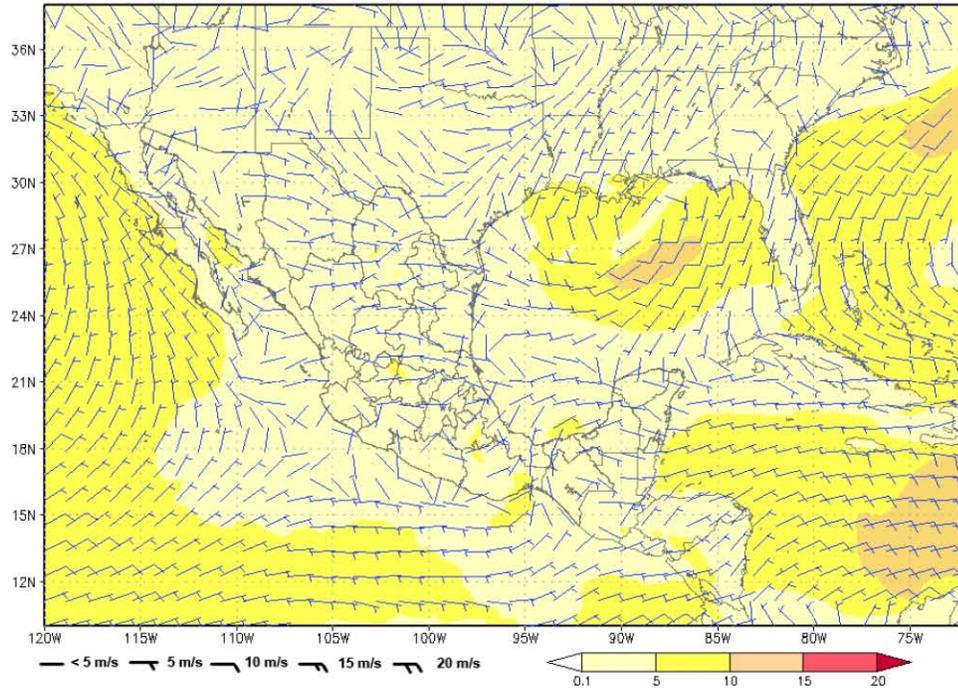
Fuente: ERM, 2016

Figura 6.16 Diagramas de rosa de vientos por mes del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5 y latitud 19.0)

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



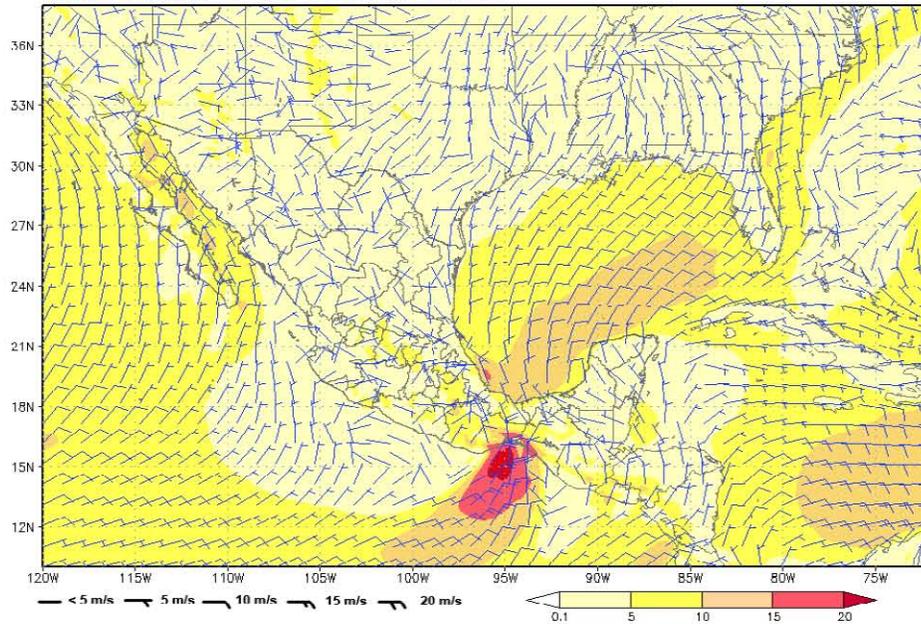
Modelo: WRFv3.6.1 (18.5km) Parametrización: Grell-Devenyi (GD)
Inicialización: 2015/07/31_00Z Valido: de 2015/07/31_12Z a 2015/08/01_12Z
Promedio de velocidad del viento a 10 m en 24 hrs (m/s)



Fuente: Tomado del IMTA, 2015

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

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



Fuente: Tomado del IMTA, 2015

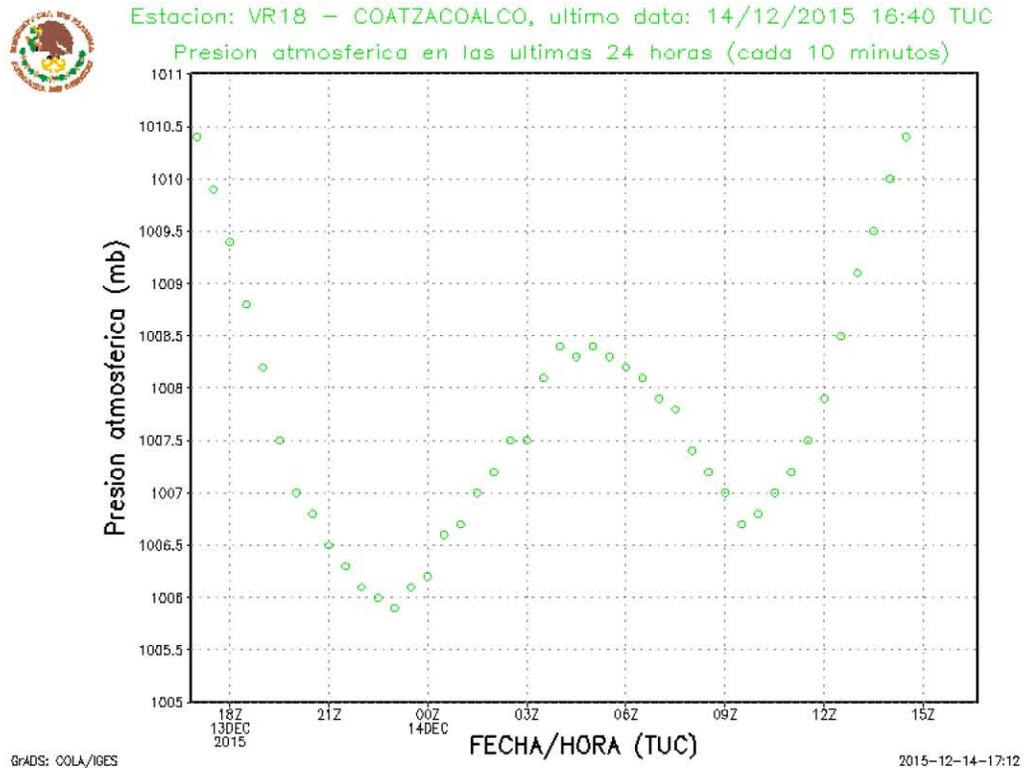
Figura 6.18 Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de Nortes (diciembre) del año 2015



6.2.4.10

Presión atmosférica

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



Fuente: SMN, 2015

Figura 6.19 Presión atmosférica registrada en el Área Contractual 2 (diciembre de 2015)

A manera de ejemplo, se incluye una muestra indicativa de valores de presión atmosférica (ver Tabla 6.9) durante esta temporada del año, tomando los días 13 y 14 de diciembre del 2015 como referencia para el área de estudio.

Tabla 6.9 Presión atmosférica registrada en el área de estudio cada 30 min (diciembre de 2015)

Día	Hora	Presión atmosférica (mb)
13 Diciembre 2015	17:00	1010.4



Día	Hora	Presión atmosférica (mb)
13 Diciembre 2015	17:30	1009.9
13 Diciembre 2015	18:00	1009.4
13 Diciembre 2015	18:30	1008.8
13 Diciembre 2015	19:00	1008.3
13 Diciembre 2015	19:30	1007.5
13 Diciembre 2015	20:00	1007.0
13 Diciembre 2015	20:30	1006.8
13 Diciembre 2015	21:00	1006.5
13 Diciembre 2015	21:30	1005.8
13 Diciembre 2015	22:00	1005.2
13 Diciembre 2015	22:30	1005.0
13 Diciembre 2015	23:00	1004.9
13 Diciembre 2015	23:30	1005.2
14 Diciembre 2015	00:00	1006.3
14 Diciembre 2015	00:30	1006.6
14 Diciembre 2015	01:00	1006.8
14 Diciembre 2015	01:30	1007.0
14 Diciembre 2015	02:00	1007.2
14 Diciembre 2015	02:30	1007.5
14 Diciembre 2015	03:00	1007.5
14 Diciembre 2015	03:30	1008.2
14 Diciembre 2015	04:00	1008.4
14 Diciembre 2015	04:30	1008.3
14 Diciembre 2015	05:00	1008.4
14 Diciembre 2015	05:30	1008.3
14 Diciembre 2015	06:00	1008.2
14 Diciembre 2015	06:30	1008.1
14 Diciembre 2015	07:00	1007.9
14 Diciembre 2015	07:30	1007.8
14 Diciembre 2015	08:00	1007.4
14 Diciembre 2015	08:30	1007.2



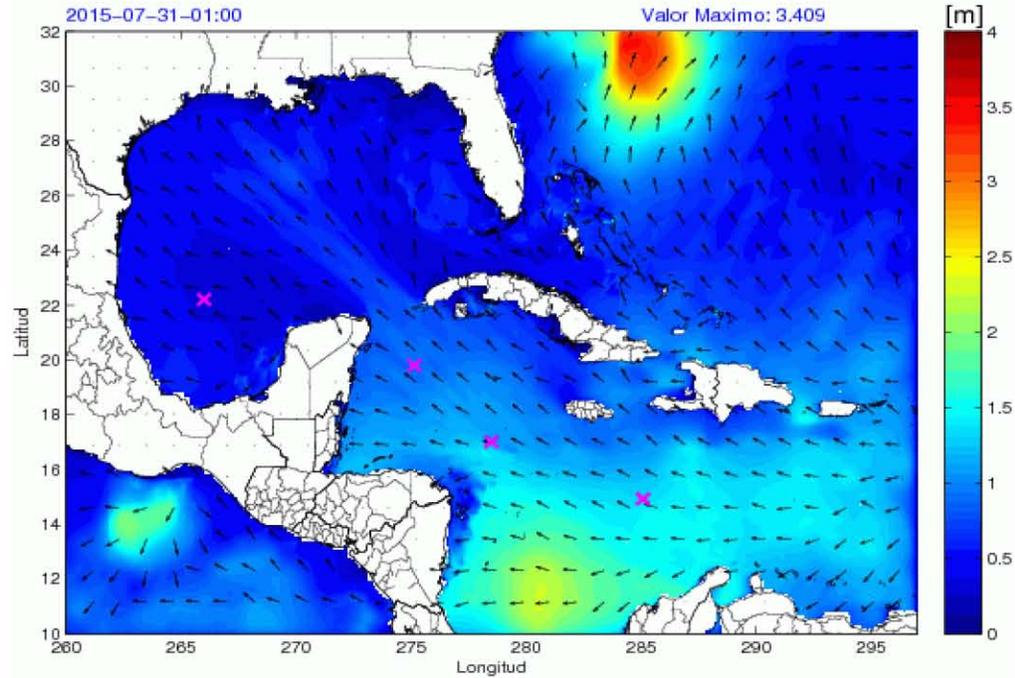
Día	Hora	Presión atmosférica (mb)
14 Diciembre 2015	09:00	1007.0
14 Diciembre 2015	09:30	1006.7
14 Diciembre 2015	10:00	1006.8
14 Diciembre 2015	10:05	1007.0
14 Diciembre 2015	11:00	1007.3
14 Diciembre 2015	11:30	1007.5
14 Diciembre 2015	12:00	1007.9
14 Diciembre 2015	12:30	1008.5
14 Diciembre 2015	13:00	1009.1
14 Diciembre 2015	13:30	1009.5
14 Diciembre 2015	14:00	1010.0
14 Diciembre 2015	14:30	1010.4

Fuente: SMN, 2015

6.2.5 *Hidrodinámica y batimetría*

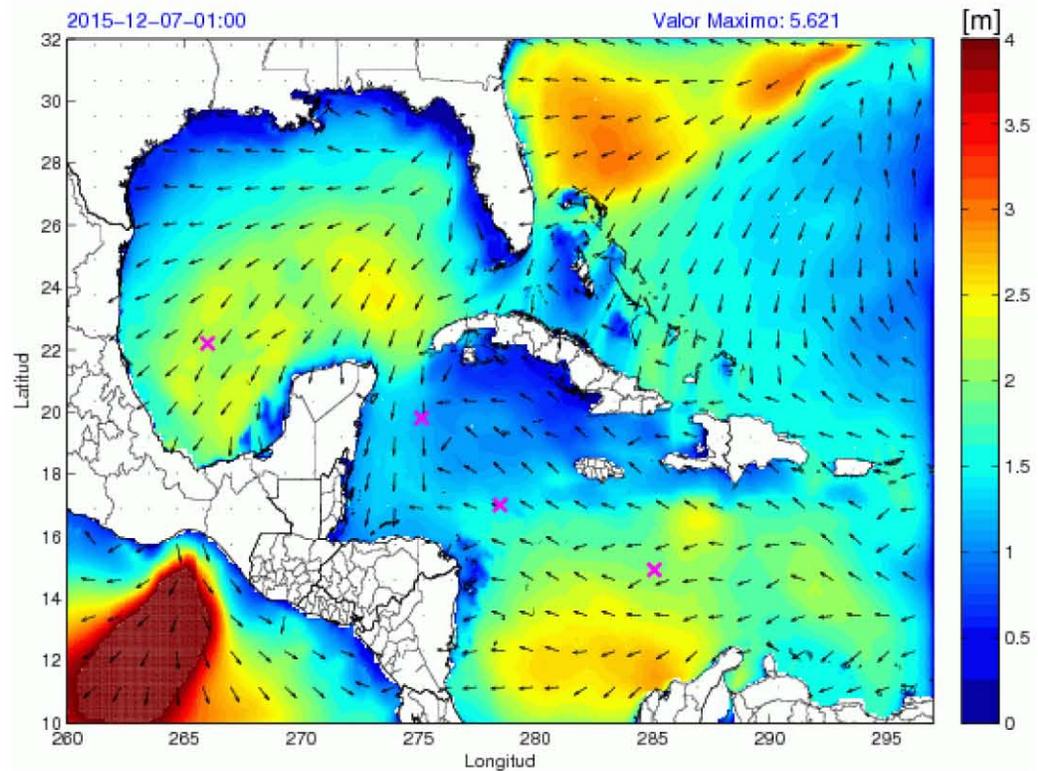
6.2.5.1 *Oleaje*

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



Fuente: IMTA, 2015

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



Fuente: IMTA, 2015

Figura 6.21 *Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de Nortes (diciembre) de 2015*

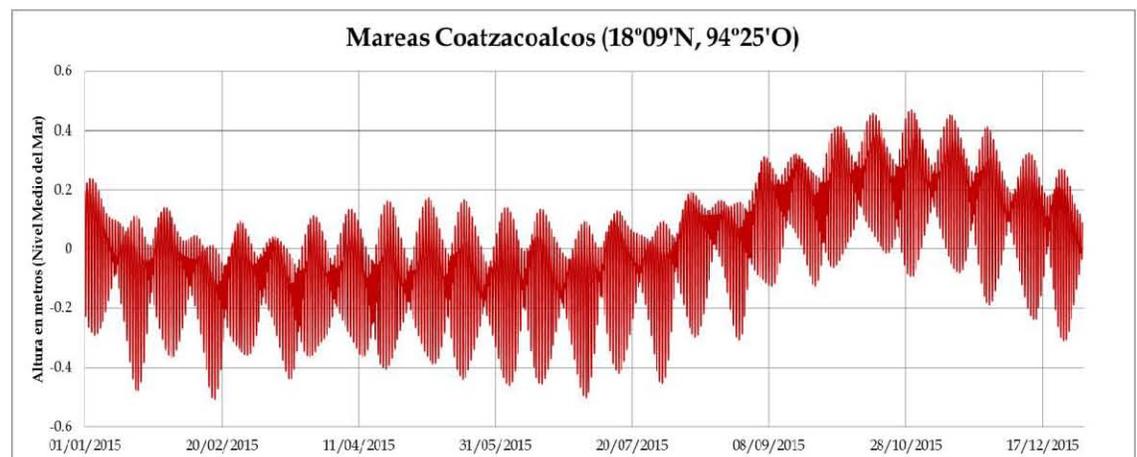


Tal como se puede observar, el oleaje promedio dentro del Área Contractual oscila entre 0.5 y 2.5 m durante el año.

6.2.5.2 Mareas

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

Para el área de estudio, 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 6.22. En la mayoría del Golfo de México, las mareas predominantes son diurnas presentando un pleamar y un bajamar.



Fuente: Ajustado de CICESE, 2016

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

De acuerdo a la Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2016), la amplitud de las mareas en Coatzacoalcos es de aproximadamente 0.30-0.50 metros. En la Figura 6.23 se presenta las características generales de las mareas en Coatzacoalcos reportadas por SEMAR (2012) para Coatzacoalcos.

Figura 6.23 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



Marea	Nivel
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: SEMAR, 2012

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

6.2.5.3

Batimetría

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

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

1. La Primera Provincia que constituye al Escarpe de Florida presenta profundidades de 100 a 1,000 m.
2. La Segunda Provincia constituye una zona de elevaciones y depresiones denominadas Cañón de Soto, el cual se ubica por debajo de la isobata de 300 m y alcanza profundidades hasta de 2,000 m.
3. La Tercera Provincia comprende la parte Occidental del cono del Mississippi continuándose hasta el límite de la zona económica de México presenta una isobata de 200 m donde ésta aumenta para alcanzar los 1,000 m de profundidad.
4. La Cuarta Provincia se encuentra desde el delta del río Bravo hasta la zona volcánica de San Andrés Tuxtla en Veracruz, llegando a presentar profundidades de hasta 3,000 m.
5. La Quinta Provincia que comprende la plataforma y talud continental del sur de Veracruz y parte de Campeche, alcanzando la isobata de hasta 3,000 m de profundidad.
6. En la Sexta Provincia el Cañón de Campeche es un rasgo sobresaliente del talud continental el cual se limita por el escarpe de mismo nombre se extiende a profundidades de 2,400 a 2,600 m.
7. La Séptima Provincia corresponde a la parte central del Golfo de México. Comprende la cuenca o Llanura Abisal de Sigsbee. Está limitada totalmente por la isobata de 3,600 m y presenta dos zonas aún más profundas, una de ellas a los 3,735 m y la otra a los 3,741 m.



Para obtener una batimetría predictiva específica para el Área Contractual 2, se usó un conjunto de datos espaciales primarios y de información batimétrica para la zona en donde se ubica el área de estudio. Dicha información batimétrica, se obtuvo del General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO), el cual es una fuente pública de información (COI et al., 2003). La base de datos utilizada para este estudio es la cuadrícula GEBCO_2014_1D, con una resolución de 30 arco-segundos. Con base en la información obtenida de GEBCO, -se estima que la zona presenta profundidades entre los 27 y 40 metros (ver Figura 6.24).

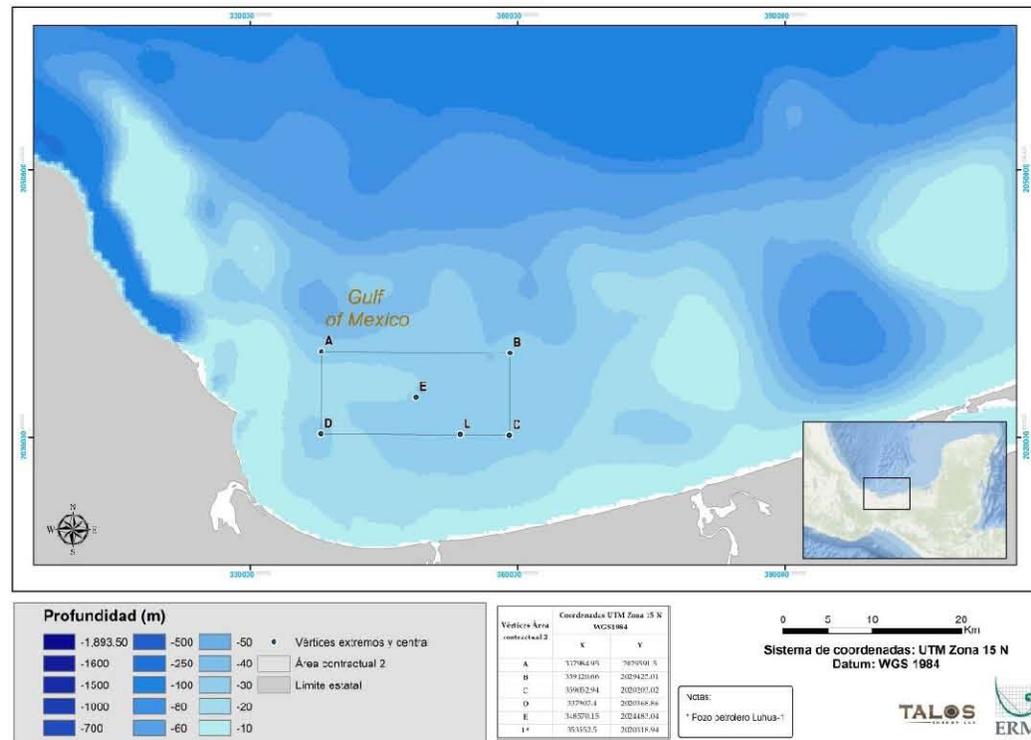


Figura 6.24 Batimetría del Área Contractual

Finalmente, mediante un análisis riguroso e interpretación de los datos se obtuvo que la profundidad del área de estudio se encuentre comprendida entre los 30 y los 50 metros. Esta aproximación fue comprobada durante la campaña de línea base ya que se obtuvo que la profundidad mínima fue de 33.2 m y la máxima de 42.6 m, tal como se indica en la Figura 6.25.

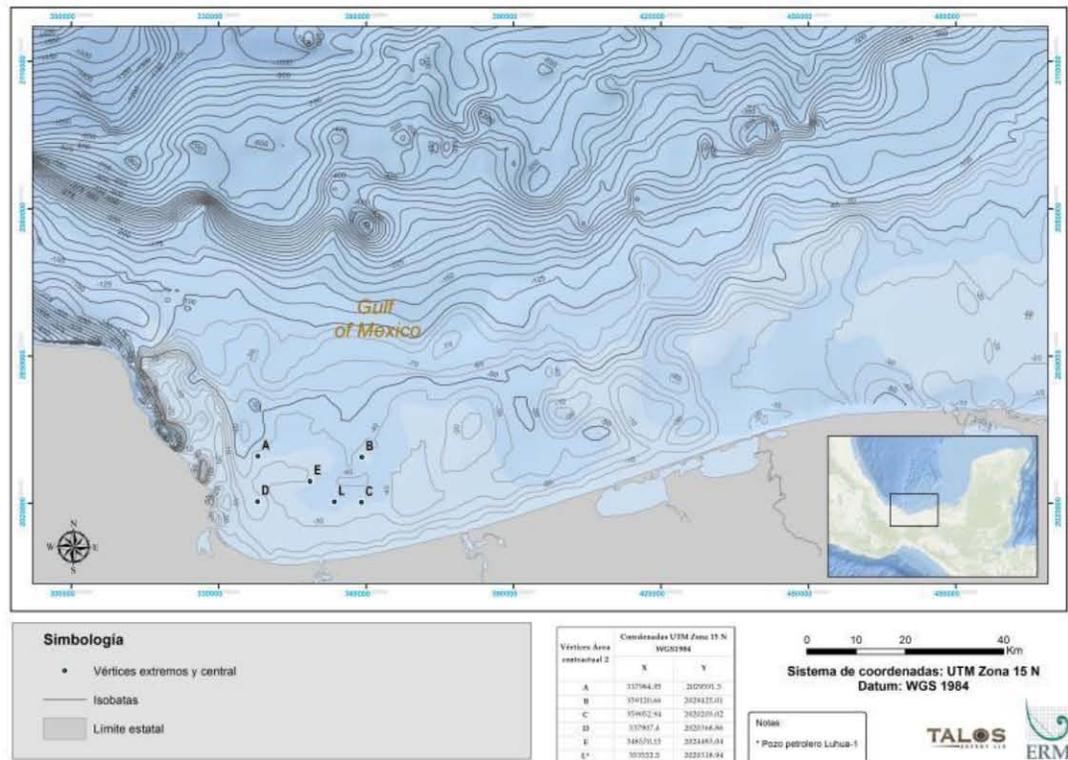


Figura 6.25 Batimetría en el Área Contractual 2

Patrones de dispersión de material particulado suspendido

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

El contenido decrece en los 100 m de profundidad hasta 22.7% y por debajo de los 150 m, las variaciones temporales y su relación con la producción primaria generan grandes diferencias de una temporada a otra. Este comportamiento se asemeja en mucho al que ha sido observado en las aguas del Atlántico Norte, y el alza repentina de materia suspendida total (MST) que sucede en el Golfo de México puede ser análoga a la de la región Atlántica en la que posiblemente se encuentra una relación similar en el aumento de cocolitofóridos en el fitoplancton, los cuales han llegado a representar hasta el 80% en las muestras ricas en MST Total (Harris, 1972).



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

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

De acuerdo con los resultados obtenidos después del análisis de las muestras tomadas durante la línea base en campo, se obtuvieron lecturas de sólidos suspendidos totales con valores entre 150 y 188 mg/L en el área de estudio, en congruencia con la capacidad productiva reportada para áreas cercanas, tal como el Banco de Campeche, que posiblemente pueda extrapolarse al Área Contractual.

6.2.6 *Calidad de Agua de Mar*

En la Tabla 6.10 se presentan los resultados de las mediciones en campo y de los análisis en laboratorio (Ver también Apéndice 6.1). Así mismo, todos los resultados de laboratorio para muestras de agua, emitidos ITS y ABC, 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 2, los siguientes parámetros se midieron en campo y además se analizaron en el laboratorio analítico ITS:

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



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

Punto de muestreo	Muestra	Prof. (m)	Salinidad (UPS)		Temp. (°C)	pH		OD (ml/L)		Turbidez (UNT)		Fluorescencia (mg/m ³)
			Campo	Lab.	Campo	Campo	Lab.	Campo	Campo	Campo	Lab.	Campo
B2-A	B2-AS	1.0	34.85	34.88	23.49	8.45	8.19	4.88	8.47	0.64	0.78	0.79
	B2-AM	18.4	34.88	35.88	23.83	8.44	8.38	3.43	8.54	0.69	0.58	0.44
	B2-AF	36.8	35.28	32.74	23.33	8.40	8.35	2.42	8.7	1.06	1.04	0.35
B2-B	B2-BS	1.0	32.26	32.79	23.41	8.43	8.08	4.97	8.85	1.54	1.84	1.40
	B2-BM	20.3	34.71	18.31	24.11	8.42	8.48	3.24	8.87	0.59	0.53	0.32
	B2-BF	40.6	35.75	31.95	23.33	8.43	8.24	2.79	8.59	1.72	1.21	0.38
B2-C	B2-CS	1.0	32.03	35.59	23.04	8.42	8.28	2.58	7.95	1.56	2.78	1.02
	B2-CM	16.2	34.76	35.37	23.27	8.39	8.19	3.27	8.01	1.59	1.64	0.74
	B2-CF	32.4	34.88	35.52	23.24	8.36	8.28	2.71	9.31	2.06	1.83	0.64
B2-D	B2-DS	1.0	34.36	31.16	23.36	8.32	8.05	4.85	8.52	0.79	0.65	0.70
	B2-DM	15.6	35.00	35.9	23.39	8.40	8.03	3.07	8.15	0.83	0.88	0.68
	B2-DF	31.1	34.94	36.25	23.67	8.44	8.12	2.67	7.03	1.00	0.40	0.54
B2-E	B2-ES	1.0	33.02	27.44	23.21	8.34	8.08	4.80	9.82	0.98	0.57	1.23
	B2-EM	17.6	34.86	35.60	23.60	8.37	8.17	3.04	8.64	0.99	0.61	0.41
	B2-EF	35.2	35.47	35.32	23.40	8.34	8.10	2.55	8.53	0.97	1.02	0.38
B2-L	B2-LS	1.0	34.17	34.36	23.26	8.49	8.09	4.63	10.07	1.20	1.70	1.25
	B2-LM	17.8	34.89	35.85	23.41	8.40	8.29	3.10	8.15	0.89	0.92	0.47
	B2-LF	35.5	35.00	34.61	23.42	8.45	8.08	2.59	7.38	1.36	1.71	0.37

Fuente: ERM, 2016



A continuación se muestran los parámetros fisicoquímicos en forma de gráfica para ilustrar claramente su comportamiento en el Área Contractual 2. Cabe mencionar que los primeros datos tomados por el CTD fueron eliminados debido a que se atribuyen al tiempo en reposo en que se mantuvo el equipo sumergido en la superficie antes de iniciar el lance.

Los parámetros fisicoquímicos también aportan información para identificar la masa de agua a la que pertenece el agua del Área Contractual 2. 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).

Resultados y análisis de salinidad y temperatura

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

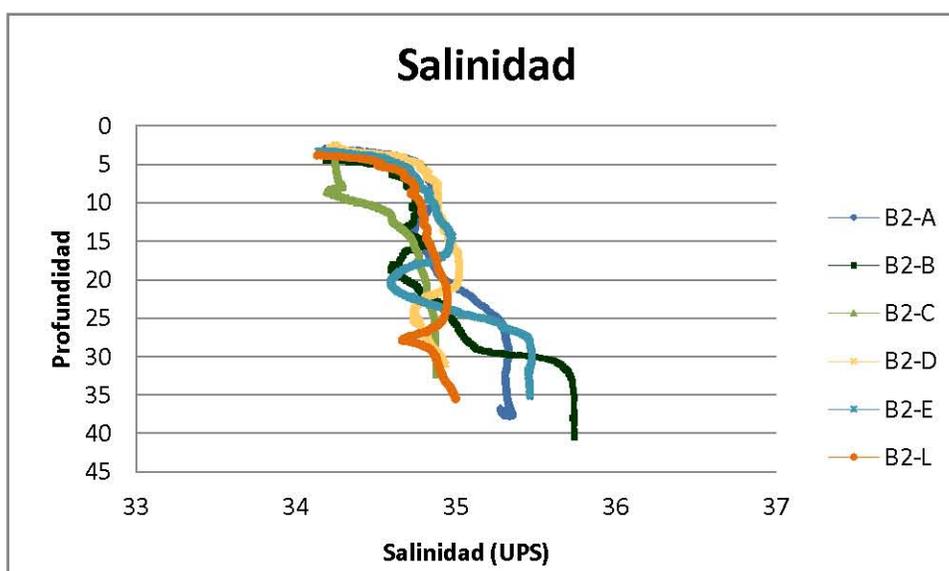
Tabla 6.11 Iones en el agua de mar

IONES	‰	
Cloruro Cl ⁻	18.980	Aniones (iones negativos) 21.861%
Sulfato, SO ₄	2.649	
Bicarbonato, HCO ₃	0.140	
Bromuro, Br	0.065	
Borato, H ₂ BO ₃	0.026	
Fluoruro, F	0.001	
Sodio, Na	10.556	Cationes (iones positivos) 12.621%
Magnesio, Mg ²	1.272	
Calcio, Ca ²	0.400	



IONES	‰	
Potasio, K	0.380	
Estroncio, Sr ²	0.013	
Salinidad total		34.482‰

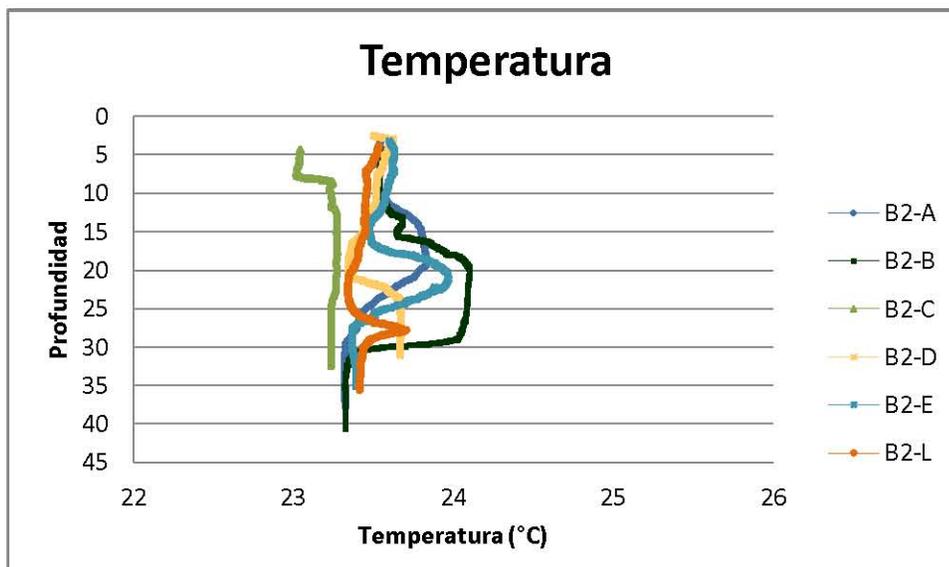
La salinidad del agua de mar en el Área Contractual 2 tuvo una ligera tendencia a incrementarse conforme aumentaba la profundidad, sin embargo, el rango en la columna de agua no fue tan amplio, siendo de 34.14 a 35.75 Unidades Prácticas de Salinidad (UPS) (Gráfica 6.2. y Gráfica 6.3).



Gráfica 6.2 Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 2



Salinidad (UPS).

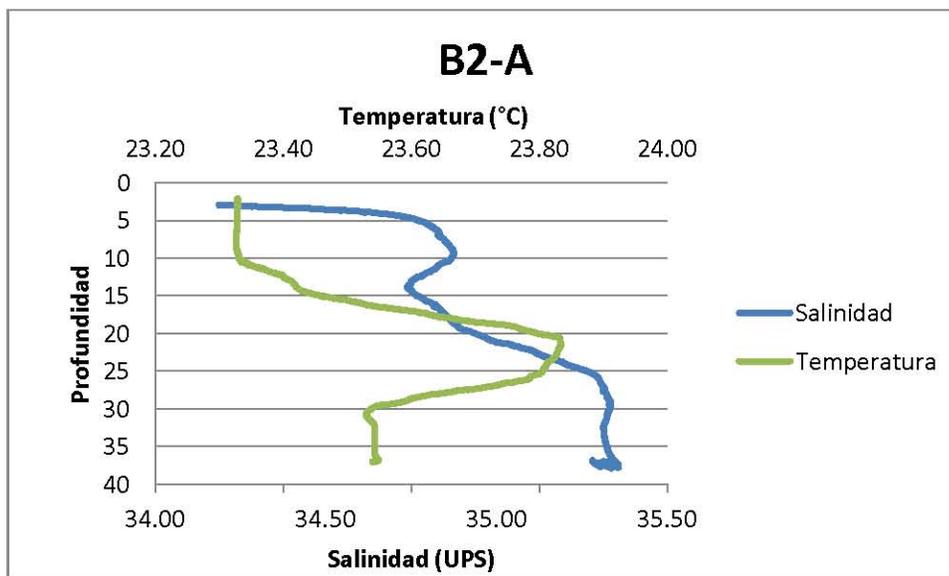


Gráfica 6.3 Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 2

La temperatura se mantuvo constante en toda la columna de agua entre los 23 y 24 °C, con variaciones menores.

A continuación se presenta en análisis de parámetros por punto de muestreo:

B2-A

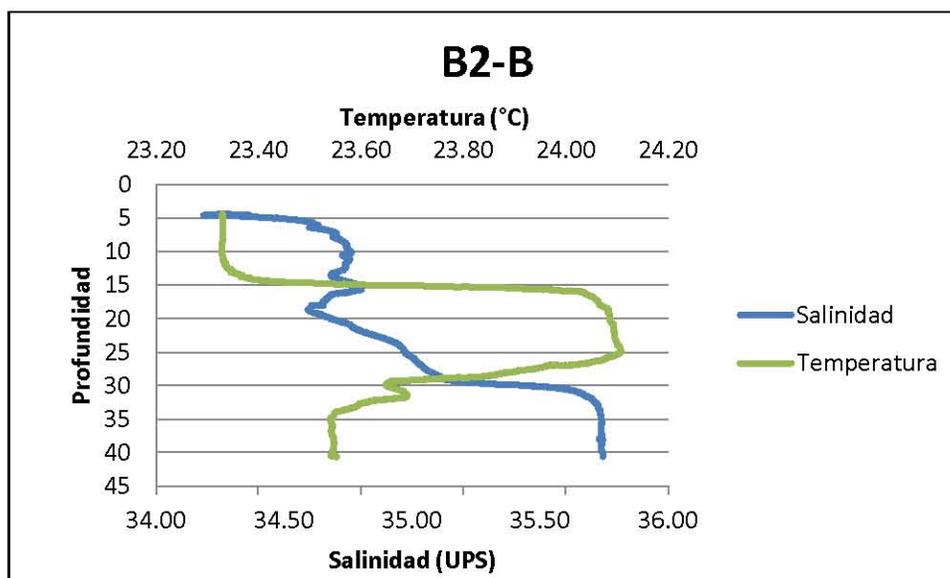


Gráfica 6.4 Temperatura y salinidad B2-A



En el análisis de la salinidad y temperatura (ver Gráfica 6.4 y Gráfica 6.5) para el punto B2-A se puede reportar que la haloclina se encuentra alrededor de los 3 metros de profundidad; por otro parte la termoclina está presentándose alrededor de los 15 metros de profundidad. Dada la baja profundidad del punto muestreado se puede hablar de una termoclina afectada por la mezcla turbulenta así mismo se puede evidenciar el cambio en la densidad de la masa de agua a los 18 metros de profundidad donde se evidencia la pinoquina. Se puede evidenciar una capa de agua más densa al fondo del punto muestreado al notar un aumento en la salinidad mientras se tiene un descenso de temperatura, como sería de esperarse en el agua marina.

B2-B

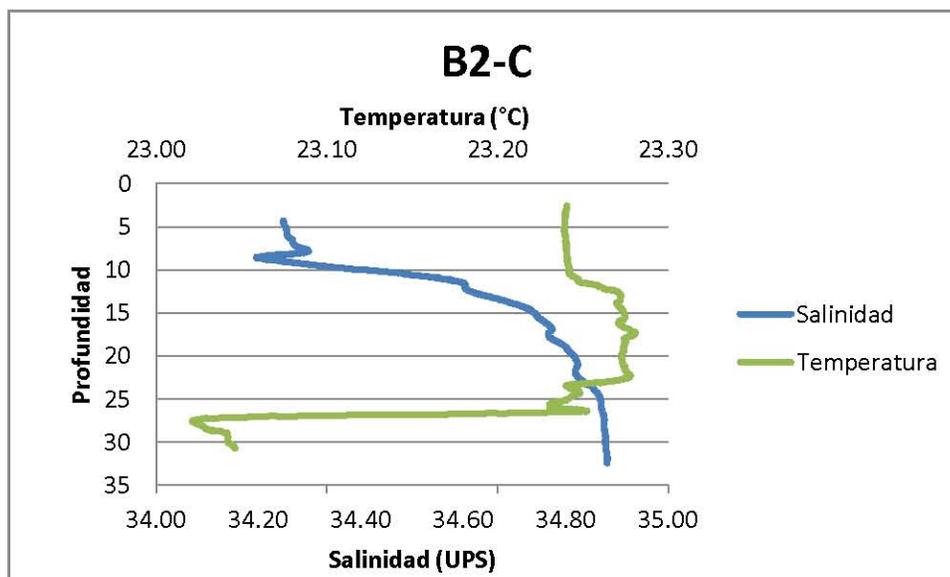


Gráfica 6.5 Temperatura y salinidad B2-B

Para el punto B2-B se puede reportar que la haloclina se encuentra alrededor de los 30 metros de profundidad; por otro parte la termoclina está presentándose alrededor de los 15 metros de profundidad, igual que en el punto anterior. Dada la baja profundidad del punto muestreado se puede hablar de una termoclina afectada por la mezcla turbulenta así mismo se puede evidenciar el cambio en la densidad de la masa de agua a los 15 metros de profundidad donde se evidencia la pinoquina. Se puede evidenciar una capa de agua más densa al fondo del punto muestreado al notar un aumento en la salinidad mientras se tiene un descenso de temperatura, como sería de esperarse en el agua marina donde la estratificación se da con base en las densidades de las masas de agua.



B2-C

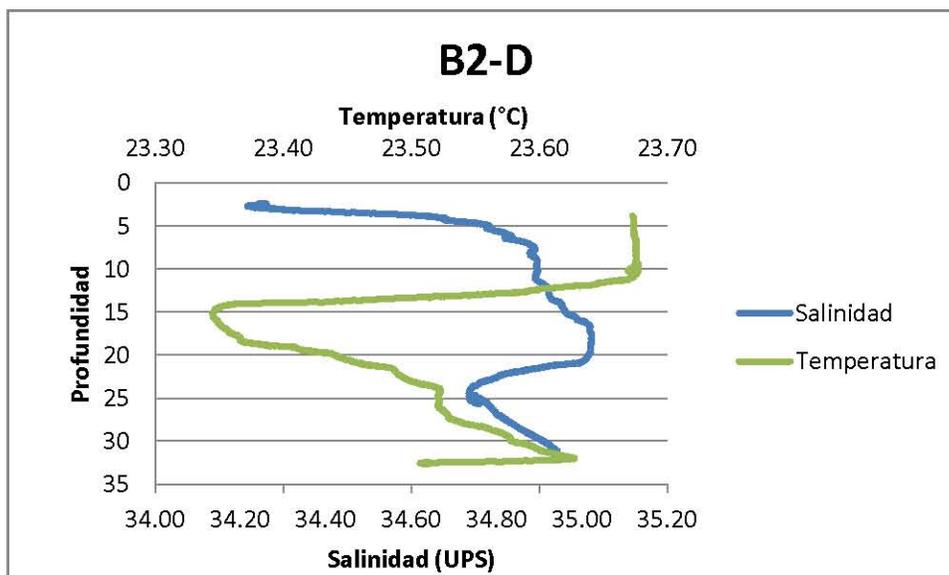


Gráfica 6.6 Temperatura y salinidad B2-C

En el punto B2-C (ver Gráfica 6.6), se puede encontrar la haloclina en una profundidad de 10 metros mientras que la estabilización de la temperatura o termoclina se visualiza a los 25 metros de profundidad, y mostrando una picnoclina a una profundidad de 24 metros aproximadamente, profundidad que marca la presencia de dos masas de agua.



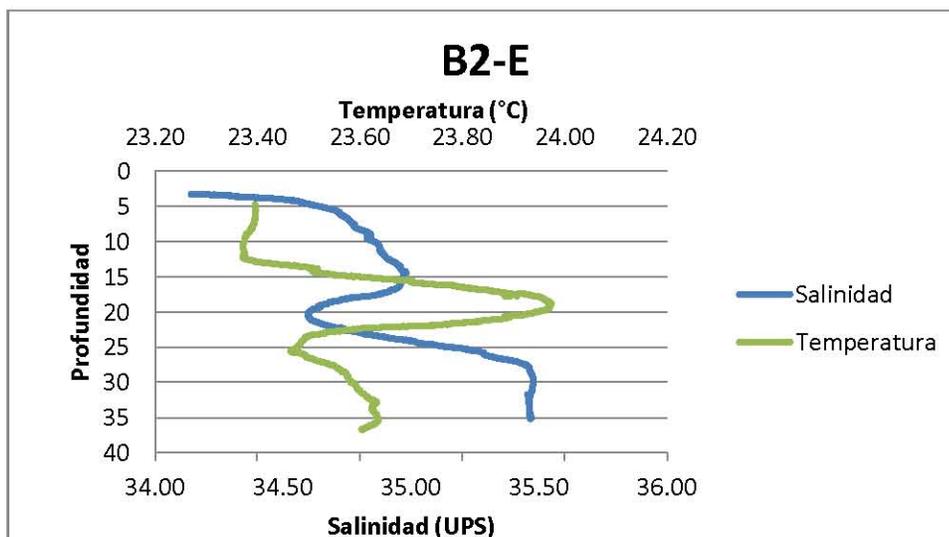
B2-D



Gráfica 6.7 Temperatura y salinidad B2-D

Para el punto B2-D (ver Gráfica 6.7) se puede visualizar la haloclina a 4 metros de profundidad, mientras que la termoclina se puede identificar a los 13 metros de profundidad, mostrando una pycnoclina en la profundidad aproximada de 12 metros, con lo cual se perciben también en este punto dos masas de agua con diferente densidad y una termoclina permanente a esta profundidad.

B2-E

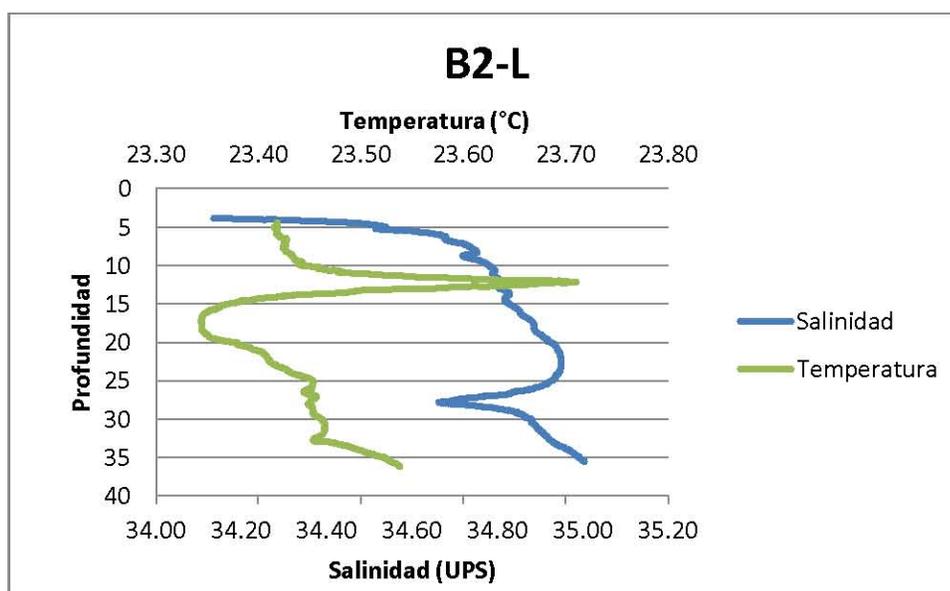


Gráfica 6.8 Temperatura y salinidad B2-E



Para el punto B2-E (ver Gráfica 6.8) se pudo identificar la haloclina a los 4 metros de profundidad, mientras que la termoclina se identifica a los 15 metros de profundidad, en las curvas relacionadas se pueden identificar dos puntos donde se intersectan la temperatura y la salinidad indicando un doble punto para la picnoclina, con lo que se puede inferir una capa activa de mezcla.

B2-L



Gráfica 6.9 Temperatura y salinidad B2-L

Para el punto B2-L (ver Gráfica 6.9) se identifica en la gráfica de los datos una haloclina a los 4 metros de profundidad, la termoclina se puede ver a los 12 metros de profundidad, al igual que la picnoclina que nos indica dos diferentes densidades a los 12 metros de profundidad por tanto dos masas de agua, la picnoclina generalmente marca también el punto de la termoclina permanente en el punto muestreado.

Tabla 6.12 Capas de la columna de agua

Punto de muestreo	Haloclina Prof. (m)	Termoclina Prof. (m)	Picnoclina Prof. (m)
B2-A	3	15	18
B2-B	30	15	15
B2-C	10	27	23
B2-D	4	13	12



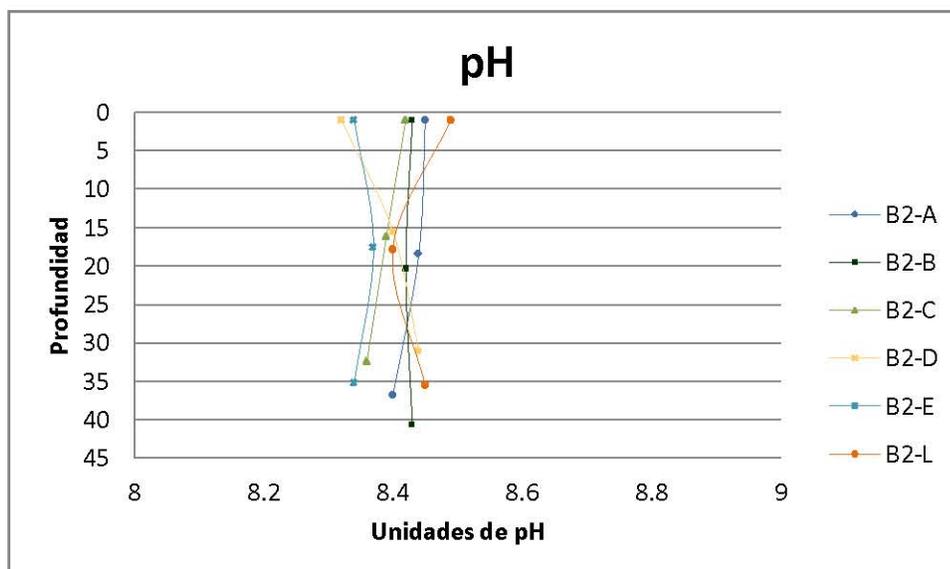
Punto de muestreo	Haloclina Prof. (m)	Termoclina Prof. (m)	Picnoclina Prof. (m)
B2-E	4	15	15, 23
B2-L	4	12	12

Fuente: ERM, 2016

Derivado de la información que se puede obtener a partir de las gráficas realizadas con los datos de salinidad y temperatura podemos decir que las aguas que caracterizan al Área Contractual 2 son dos masas de agua de diferente densidad, mismas que son aguas subtropicales subyacentes provenientes del Mar Caribe transportadas por la corriente de lazo, por lo que también se denominan “aguas caribeñas” o “Aguas de Yucatán”; la corriente de Lazo constituye uno de los mecanismos primarios para la movilización distribución y dispersión de masas de agua. Por otro lado con respecto a la salinidad podemos decir que se presenta una salinidad por encima del promedio global de salinidad (32°/oo) de 34 a 35 ups lo cual ya es conocido para el Golfo de México (ver Tabla 6.12).

Resultados y análisis de pH

El agua oceánica es ligeramente alcalina, y el valor de su pH está entre 7.5 y 8.4 y varía en función de la temperatura; si ésta aumenta, el pH disminuye y tiende a la acidez; también puede variar en función de la salinidad, de la presión o profundidad y de la actividad vital de los organismos marinos.



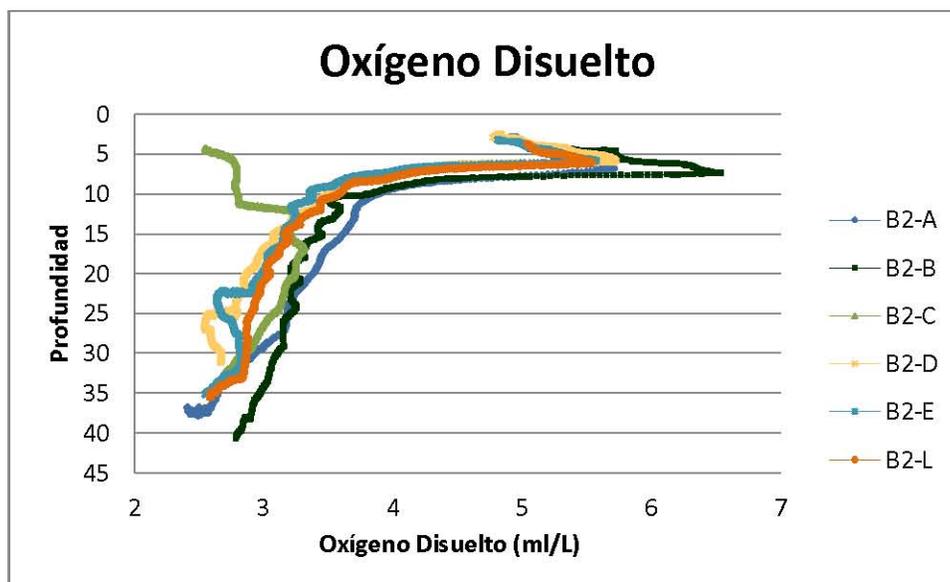


Gráfica 6.10 Comportamiento del pH en el Área Contractual 2

En el Área Contractual 2 el pH varió entre los valores de 8.32 y 8.49 lo que implica una variación de .17 de punto en todo el área de estudio, lo cual nos permite detectar un pH que cae dentro del promedio mundial para el parámetro pH que se encuentra entre 7.5 y 8.4, 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 sitio (ver Gráfica 6.10).

Resultados y análisis de oxígeno disuelto y turbidez

En aguas oceánicas superficiales bien mezcladas, la composición típica de gases disueltos incluye un 64 % de nitrógeno (N_2), un 34 % de oxígeno (O_2) y un 1,8 % de dióxido de carbono (CO_2), muy por encima este último del 0,04 % que hay en el aire libre. El oxígeno (O_2) abunda sobre todo en la superficie, donde predomina la fotosíntesis sobre la respiración, y suele presentar su mínimo hacia los 400 m de profundidad, donde los procesos de mezcla y difusión superficial ya no alcanzan, pero donde todavía es alta la densidad de organismos consumidores, que lo agotan.



Gráfica 6.11 Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 2

Las concentraciones de O_2 a lo largo del Área Contractual 2 (ver Gráfica 6.11) fluctuaron entre 4.97 a 4.42 en la zona superficial, entre 3.04 a 3.43 ml/L en un rango de profundidad entre 15 a 20 metros para la zona media de la columna de agua y fluctuaron entre 2.42 y 2.79 ml/L a un rango de profundidad entre 40.6 y 31.1 metros de profundidad siendo más abundante la concentración en el área

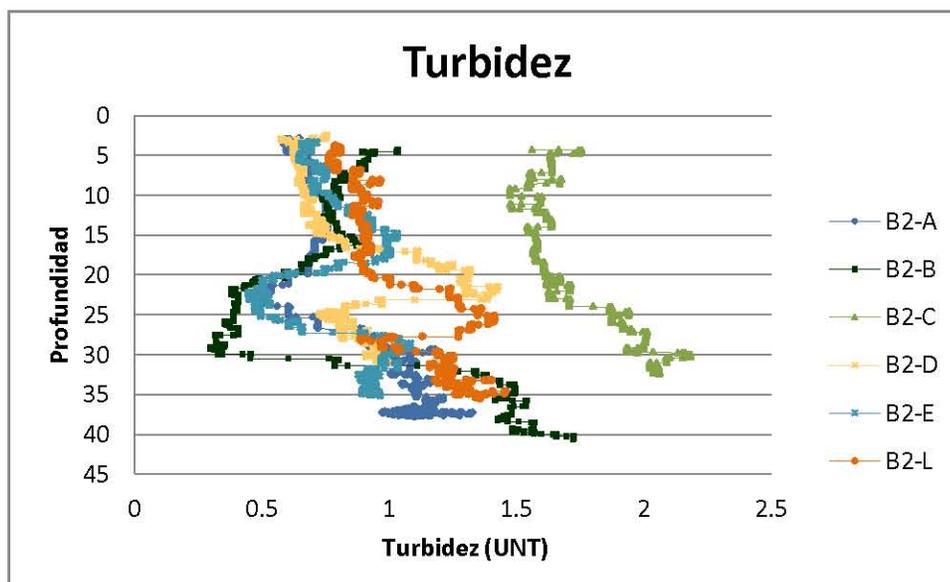


superficial y menos abundante en el fondo marino, lo cual es consistente con los procesos de mezcla derivada de la acción de los vientos predominantes en la zona del Golfo de México, así como con los procesos asociados a los fondos marinos.

Las concentraciones de OD reportados por el laboratorio analítico están en un rango de 7.03 a 10.07 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.

Turbidez

Diferentes factores que pueden ser de origen natural o antrópico inciden en los incrementos de la turbidez en las aguas marinas costeras. La turbidez constituye un indicador general de la calidad de las aguas aunque no ofrece resultados sobre un contaminante específico; La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.



Gráfica 6.12 Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 2

Los valores de Turbidez varían en el Área Contractual 2 (Gráfica 6.12)de manera directamente proporcional a la profundidad y de manera paralela a cada profundidad por lo cual en la toma de muestra superficial se encontró una variación entre 0.64 a 1.56 UNT, para la toma de muestras en la parte media de la columna se encontró una fluctuación entre 0.59- 1.59 UNT y para las muestras que se tomaron en la zona del fondo del mar se tuvo un rango entre 0.97 a 2.06 UTN como se puede notar la turbidez fue incrementando sus unidades a lo largo de la columna de agua siendo las más altas en la zonas más profundas indicando

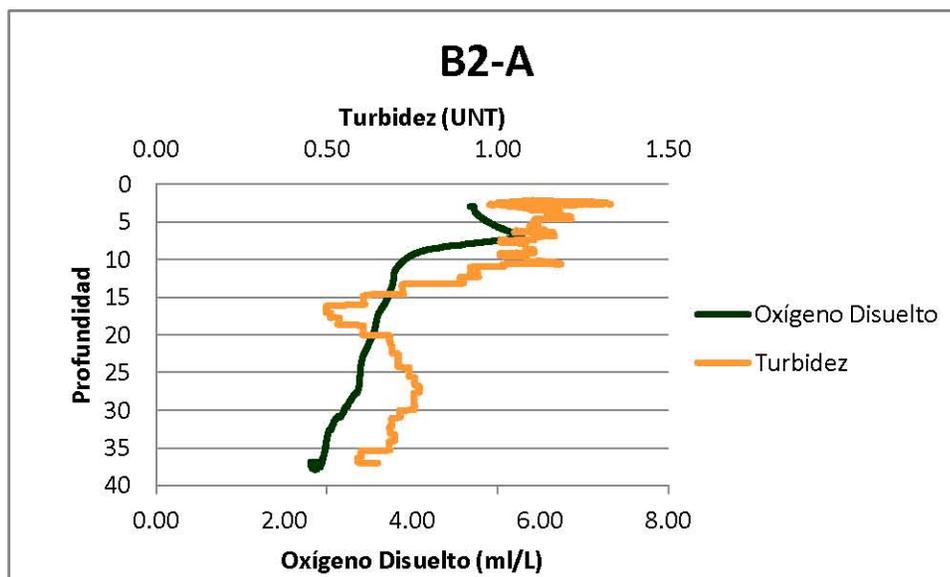


esto un comportamiento normal en la distribución de los materiales suspendidos para el agua de mar. Las guías de calidad del agua de British Columbia, Canadá indican que la turbidez no debe exceder 8 UNT en 24 horas para que el agua sea adecuada para la vida acuática, los valores de turbidez del agua de mar del Área Contractual 2 se encuentran dentro de este rango.

Por otra parte se encontró que el comportamiento de las curvas de turbidez se encuentran relacionadas de manera casi directamente proporcional con las curvas de las concentraciones de oxígeno disuelto detectado a lo largo de las diferentes columnas de agua que se muestrearon en el Área Contractual 2.

En los siguientes puntos muestreados (B2-B, B2-C, B2-D, B2-E y B2-L) de los cuales se presentan las gráficas; se puede observar que a mayor turbidez se encontró menor cantidad de oxígeno, mientras que cuando se tenía una cantidad de oxígeno mayor se pudo ver un descenso en la turbidez a media agua, esto se puede explicar entre otras cosas ya que a mayor presencia de organismos fotosintetizadores la utilización de O_2 se incrementa y viceversa. Este comportamiento de estas dos variables es característico para las aguas marinas con presencia de organismos fotosintetizadores (ver Gráfica 6.13, Gráfica 6.14, Gráfica 6.15, Gráfica 6.16, Gráfica 6.17 y Gráfica 6.18).

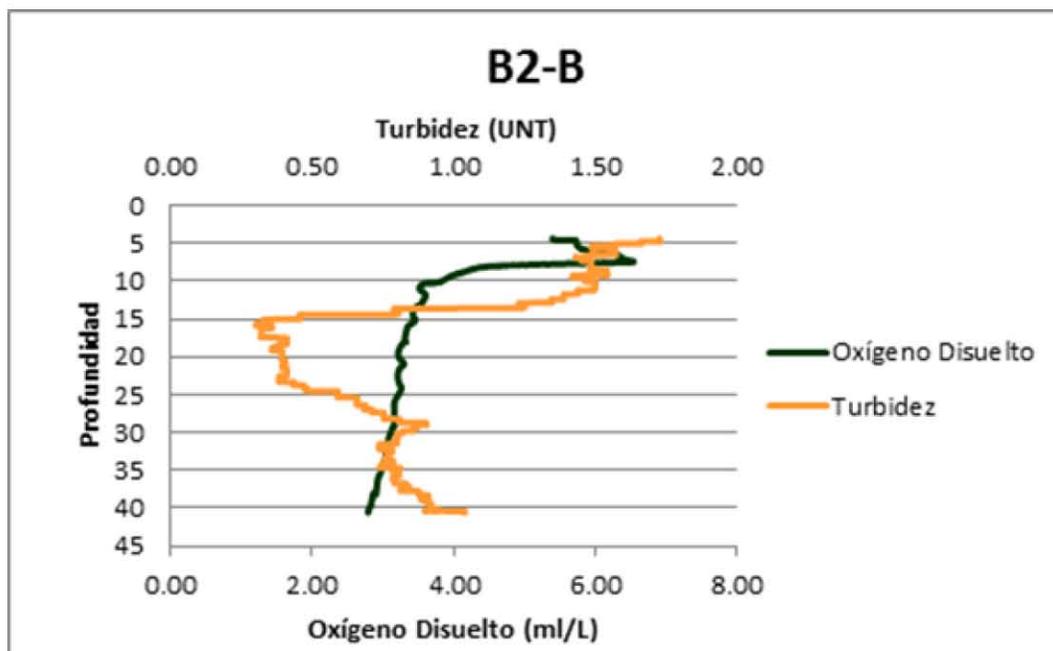
B2-A



Gráfica 6.13 Turbidez y oxígeno disuelto B2-A

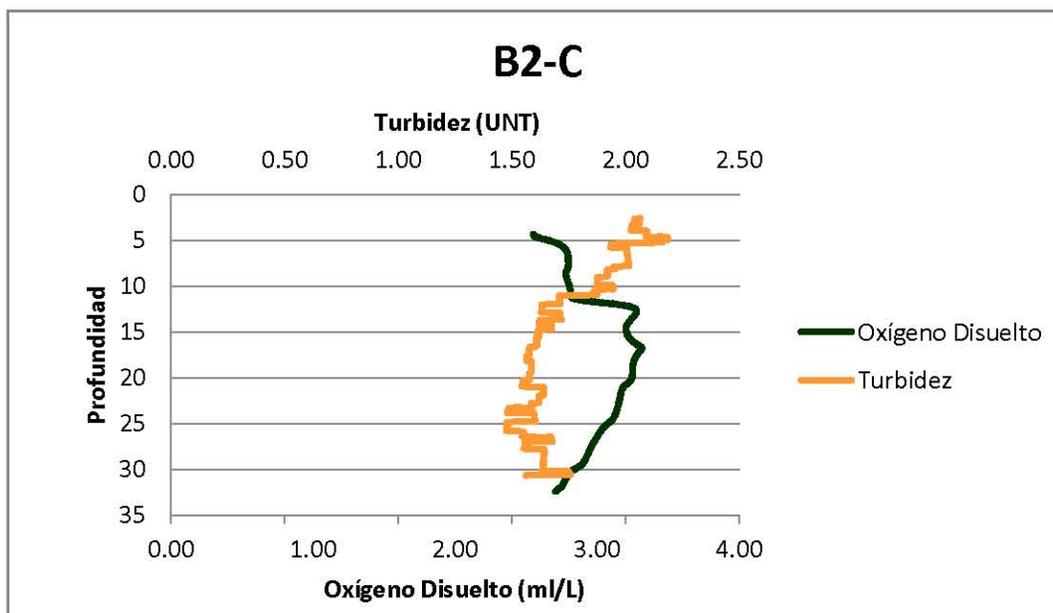


B2-B



Gráfica 6.14 Turbidez y oxígeno disuelto B2-B

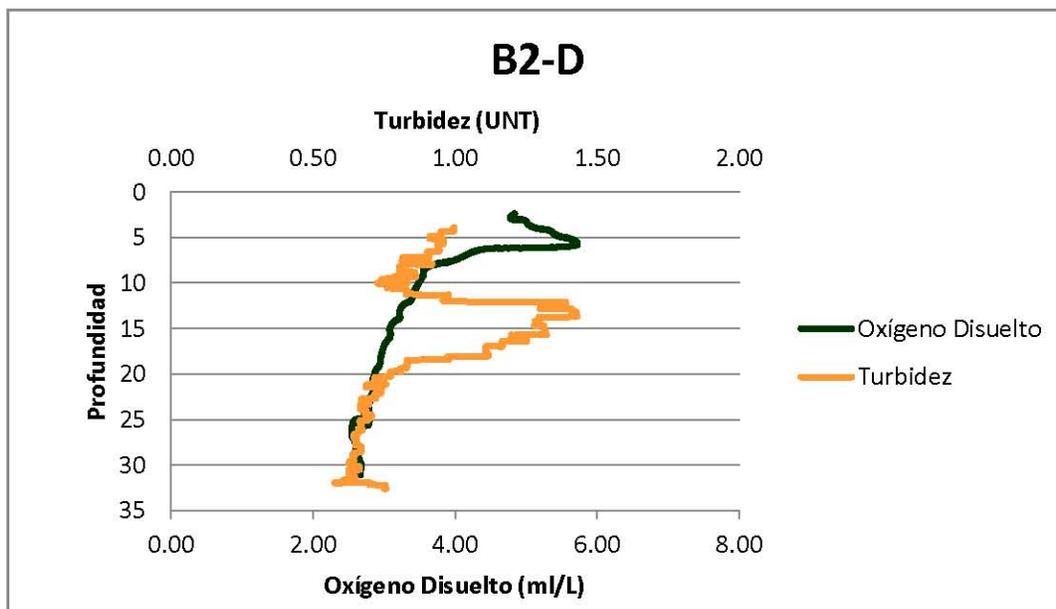
B2-C



Gráfica 6.15 Turbidez y oxígeno disuelto B2-C

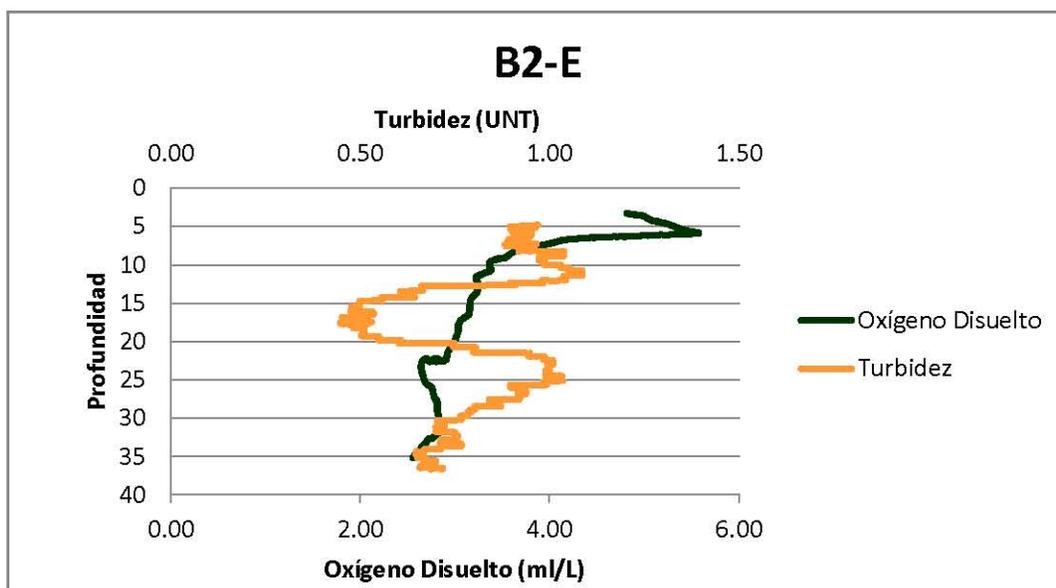


B2-D



Gráfica 6.16 Turbidez y oxígeno disuelto B2-D

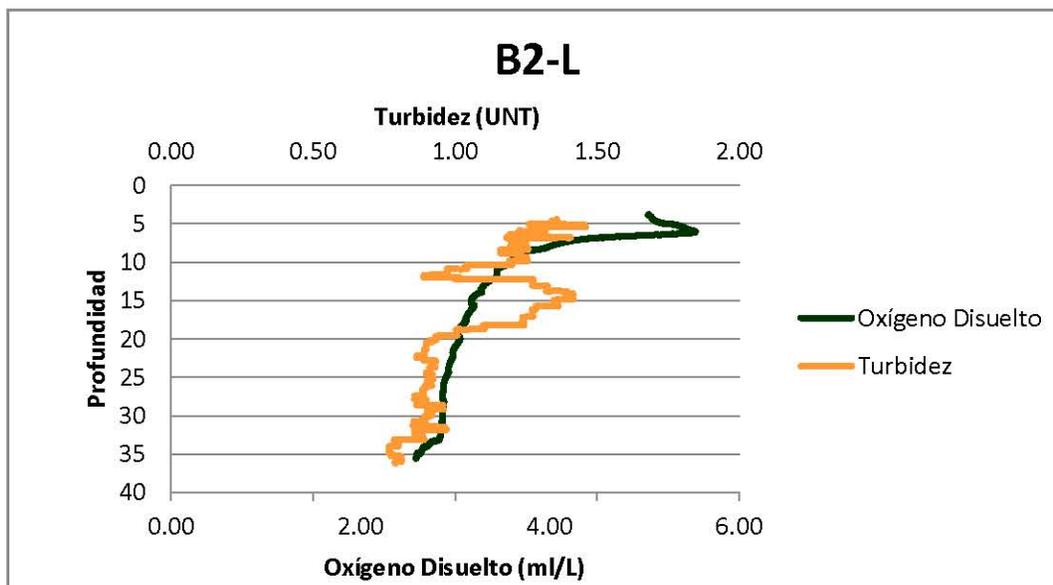
B2-E



Gráfica 6.17 Turbidez y oxígeno disuelto B2-E



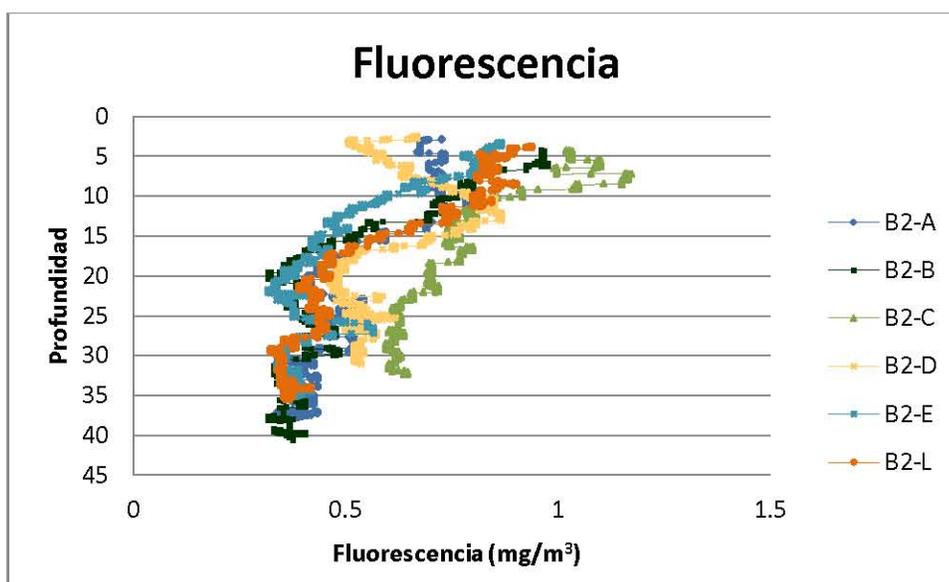
B2-L



Gráfica 6.18 Turbidez y oxígeno disuelto B2-L

Resultados y análisis de fluorescencia

Los valores de fluorescencia más altos se presentan en las muestras superficiales y en la columna de agua están en un rango de 0.32 a 1.16 mg/m³ (ver Gráfica 6.19).



Gráfica 6.19 Comportamiento de la fluorescencia en el Área Contractual 2

Clorofilas a

Signoret y colaboradores (1998) señalan que para el Sur del Golfo de México las concentraciones de clorofila a varían respecto a la profundidad. En el intervalo de 0 a 41 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 fitopláctica (Cowles et al., 1993; Lambert et al., 1999).

Los resultados de laboratorio muestran que no se detectó clorofila a en concentraciones por arriba del límite de cuantificación, excepto en dos muestras profundas (B2-BF = 1.68 mg/L y B2-CF = 1.24 mg/L). Sin embargo, es posible que exista clorofila a, especialmente en la superficie marina, en concentraciones bajas menores a 0.50 mg/L.

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 2.

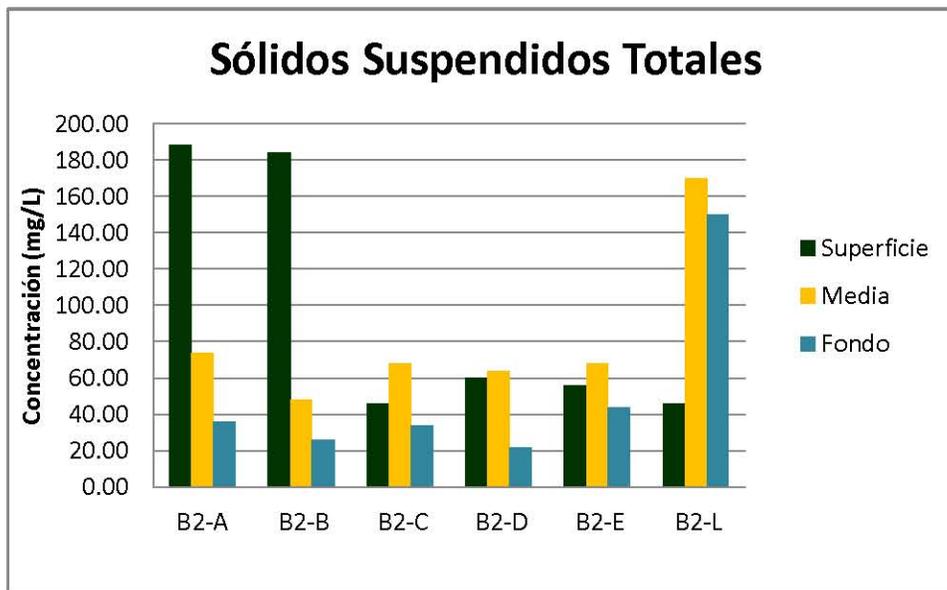
Sólidos suspendidos totales (SST)

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 2, se detectaron SST en un rango de 22.00 a 188.00 mg/L (ver Gráfica 6.20). Las muestras que presentaron los valores más altos son:

- B2-AS = 188.00 mg/L,
- B2-CS = 184.00 mg/L,
- B2-LM = 170.00 mg/L, y
- B2-LF = 150.00 mg/L.



Gráfica 6.20 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales en agua marina

En el Apéndice 6.3 se presentan los resultados analíticos de SST a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 2.



6.2.6.2

Resultados analíticos

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

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

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

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

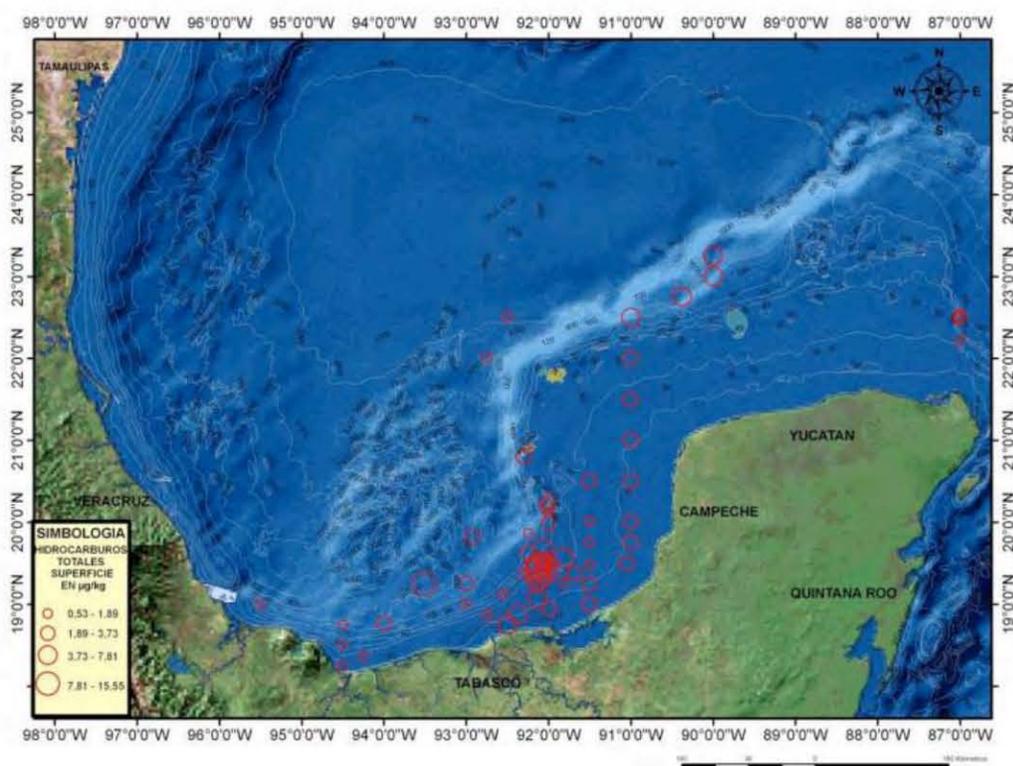
Es importante mencionar que los límites de cuantificación se encuentran validados y certificados mediante las metodologías adecuadas para cada elemento.

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



Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)

En el Golfo de México se han investigado los HTP con anterioridad, estudios de PEP-UNAM durante el 2005 a 2008 señalan que el área oceánica cercana a al río Coatzacoalcos presenta concentraciones de hidrocarburos totales menores a 0.00189 mg/kg. Sin embargo, en el Área Contractual 2, no se detectaron HTP en concentraciones por encima de los límites de cuantificación del laboratorio (ver Figura 6.26).



Fuente: PEP-UNAM, 2005-2008

Figura 6.26 Concentración de HTP en el Área Contractual 2

En el Apéndice 6.4 se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 2.

Hidrocarburos aromáticos policíclicos polinucleares (HAP)

Los HAP son contaminantes ampliamente distribuidos en el ambiente marino debido a la actividad petrolera y han sido ampliamente estudiados debido a su carácter carcinogénico y mutagénico. Los HAP de bajo peso molecular, formados por 2 y 3 anillos, tienen toxicidad aguda, por lo cual NOAA ha establecido un



límite máximo de exposición aguda que es 0.300 mg/L. En el Área Contractual 2 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 2.

Hidrocarburos monoaromáticos (BTEX)

Los hidrocarburos monoaromáticos, también denominados BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceni y Xilenos) Los hidrocarburos monoaromáticos, también denominados BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos) son contaminantes derivados del petróleo y también han sido ampliamente estudiados y clasificados por su toxicidad, son medianamente solubles en agua, lo que permite su transferencia al agua marina. Los resultados analíticos en el Área Contractual 2 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 2.

Nutrientes

Se evaluaron cuatro nutrientes en el agua de mar del Área Contractual 2 con el fin de conocer las características nutrimentales del mismo ya que estos son indispensables para iniciar las cadenas tróficas en el océano. Los nutrientes evaluados son los siguientes:

- Amonio (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), y las consecuencias en la comunidad de fitoplancton apuntan a un aumento de dinoflagelados y clorofitas.

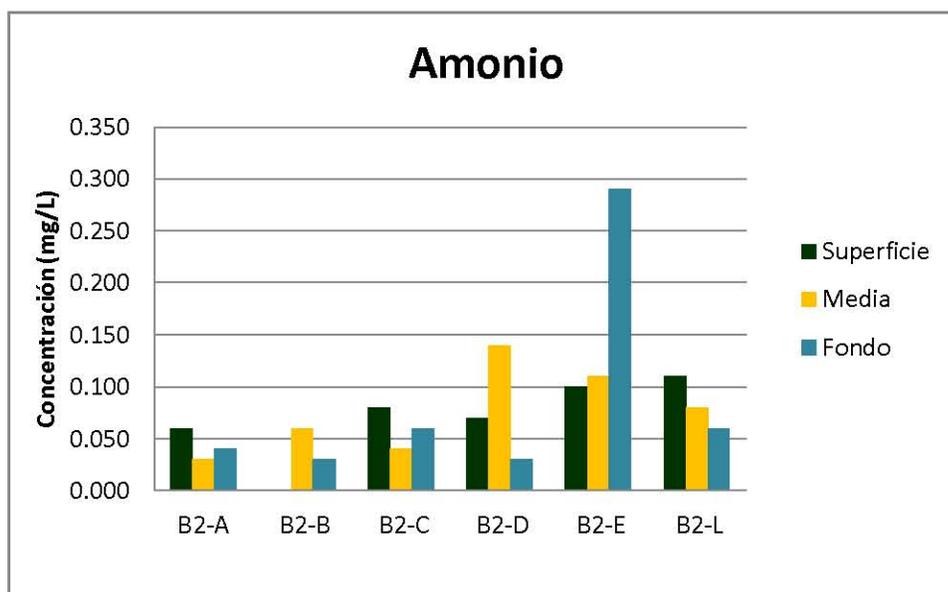
En el Apéndice 6.7 se presentan los resultados analíticos de nutrientes a para cada muestra de agua de mar tomada en el Área Contractual 2.



Amonio

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 2 se detectaron concentraciones de amoniaco en un rango de 0.030 a 0.290 mg/L (ver Gráfica 6.21) únicamente la muestra B2-CS no presentó concentración por arriba del límite de cuantificación del laboratorio.



Gráfica 6.21 Concentración de amoniaco en agua de mar

Nitritos (NO_2) y Nitratos (NO_3)

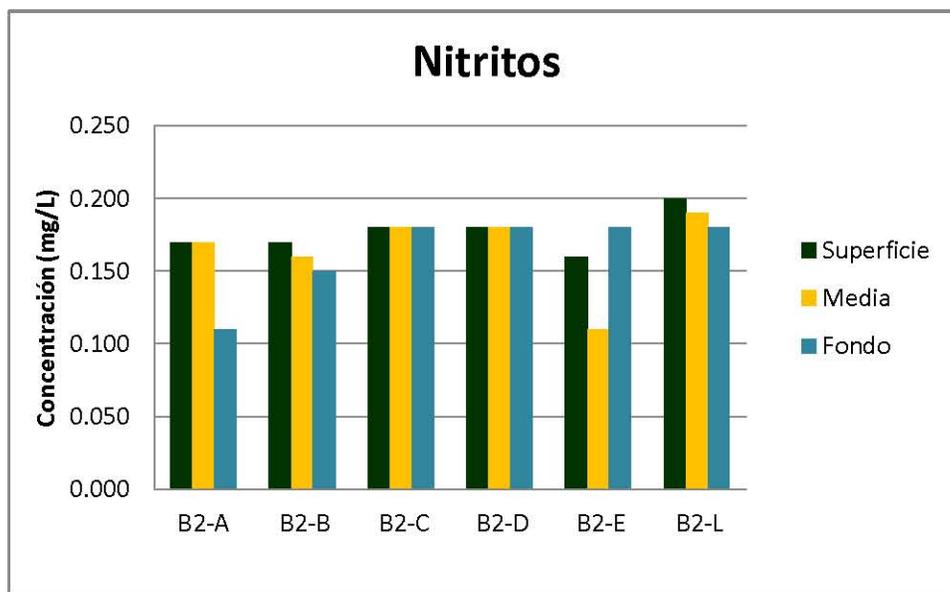
El nitrógeno es el gas que se encuentra en mayor proporción en el mar, pero por su carácter inerte no interviene en el ciclo biológico de las sustancias nitrogenadas, aunque existen en el mar ciertas bacterias que son capaces de producirlo y otras de fijarlo.

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

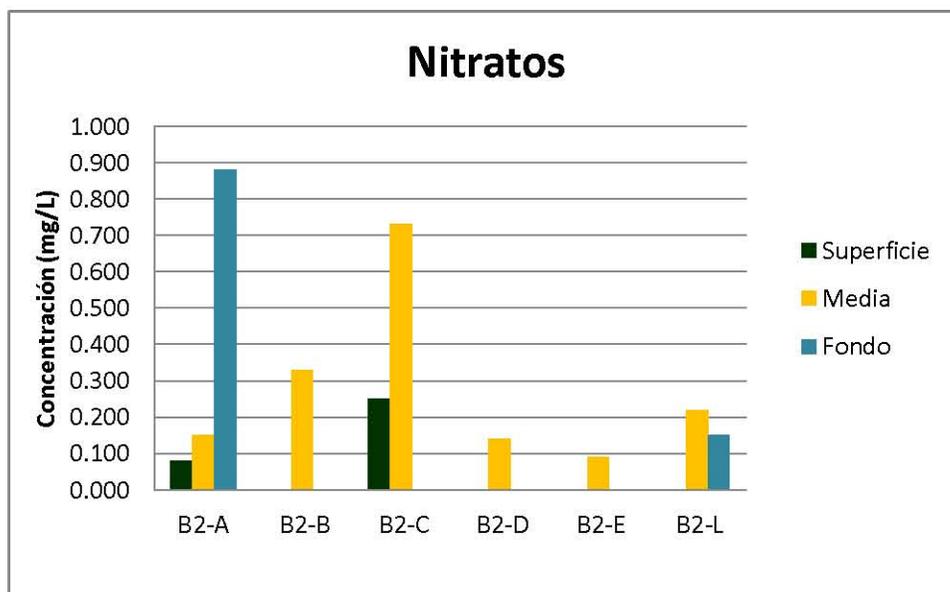
En el Área Contractual 2 se presentaron concentraciones de nitritos en un rango de 0.110 a 0.200 mg/L (ver Gráfica 6.22) en todas las muestras analizadas, sin particularidad en toda la columna de agua de cada punto de muestreo. En el caso de los nitratos, únicamente 10 de las 18 muestras presentaron concentraciones en un rango 0.080 a 0.880 mg/L (ver Gráfica 6.23), de manera no homogénea en la



columna de agua, y estos valores están por debajo del criterio de comparación de la CMME para exposición a largo plazo (nitratos = 200.00 mg/L).



Gráfica 6.22 Concentración de nitritos en agua de mar



Gráfica 6.23 Concentración de nitratos en agua de mar



Fosfatos (PO₄)

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

Generalmente el agua marina presenta una concentración de fosfatos de 0.088 mg/L. En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de fosfatos por arriba del límite de cuantificación del laboratorio, sin embargo, estos compuestos pueden estar presentes en concentraciones bajas en el agua del Área de interés.

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 2 solo se detectaron concentraciones de sílice únicamente en tres muestras, en un rango de 0.880 a 2.130 mg/L.

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 2.

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 2.

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.

Solo se detectó una concentración de Hierro en la muestra B2-BM = 0.141 mg/L, valor que excedió el criterio de exposición crónica establecido por la NOAA, lo cual implica un largo plazo para observar efectos adversos.

Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se determinaron concentraciones de Hierro en tres muestras más:

- B2-AF = 0.097 mg/L
- B2-CF = 0.084 mg/L
- B2-LF = 0.097 mg/L

Estas concentraciones también exceden el límite de exposición crónica de la NOAA.

Asimismo, 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.

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).



En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Zinc por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados. La UNAM ha reportado valores mínimos de 0.000022 mg/L y máximos de 0.0064 mg/L, por lo cual podría haber concentraciones traza de Zinc en el Área Contractual 2.

Cadmio (Cd)

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

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Cadmio por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Por otro lado, en la Campaña Oceanográfica de la UNAM 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 Contractual 2. Esto sugiere que puede haber concentraciones traza de Cadmio en el agua de mar del Área de interés.

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.

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Plomo por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

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, de ahí que podría haber concentraciones traza en el agua marina del Área de interés.



Cobre (Cu)

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

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Cobre por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Por otro lado, en la Campaña Oceanográfica de la UNAM en 2003 se detectó que en la Sonda de Campeche el Cobre en agua superficial presentó un valor máximo de 0.615 µg/L y un mínimo de 0.009 µg/L, por lo cual podrían existir concentraciones traza de este metal en el agua del Área Contractual 2.

Las aportaciones ajenas al Cobre que se encuentra de manera natural en el mar, se pueden asociar a vertidos en el Río Coatzacoalcos, donde el uso de este metal en la actividad ganadera y el cambio del uso de suelo son los principales causantes.

Cromo Total (Cr)

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Cromo por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Rosas (1983) reporta concentraciones promedio de Cromo con un valor de 0.014 mg/L en el área circundante al Área Contractual 2, de ahí que podrían existir concentraciones traza de este metal en el agua marina.

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 2 no se detectaron concentraciones de Mercurio por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



Rosas (1983) ha reportado concentraciones de 0.0075 mg/L en el área circundante al Área Contractual 2.

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

Cobalto (Co)

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

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones por encima del límite de cuantificación del laboratorio; sin embargo, al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se determinaron concentraciones de Cobalto en todas las muestras analizadas, en un rango de 0.010 a 0.012 mg/L. Este rango de valores está por encima del límite de exposición crónica de la NOAA, lo cual significa que a largo plazo se podrían observar efectos adversos en la vida acuática.

Por otro lado, en la Sonda de Campeche se han reportado concentraciones de Cobalto de 0.000079 mg/L a 0.00093 mg/L.

Vanadio (V)

El Vanadio se libera al medio por acción de emisores naturales como volcanes y chapopoterías, así como por acción antropogénica (Middelburg *et al.*, 1988; Emerson y Husted, 1991). El Vanadio en el agua de mar se comporta como un elemento bioactivo, mostrando una correspondencia con la distribución de fosfato



y su tiempo de residencia oceánica puede llegar a los 100,000 años (Shiller y Boyle, 1987; Breit y Wanty, 1991).

No se detectaron concentraciones de Vanadio en el Área Contractual 2 por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Sin embargo, al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se determinaron concentraciones de Vanadio en las siguientes cinco muestras:

- B2-AF = 0.028 mg/L
- B2-BF = 0.027 mg/L
- B2-EM = 0.028 mg/L
- B2-AS = 0.027 mg/L
- B2-CS = 0.027 mg/L

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

Por otro lado, la UNAM ha reportado que en la Sonda de Campeche el Vanadio está disuelto en el agua superficial en concentraciones de 0.000029 a 0.000099 mg/L.

Bario (Ba)

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

En el Área Contractual 2 no se detectaron concentraciones de Bario por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

La UNAM ha reportado concentraciones máximas de Bario de 0.000017 mg/L en áreas aledañas al Área Contractual 2, de ahí que podrían existir concentraciones traza de este metal.

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 2 no se detectaron concentraciones de Estaño por encima del límite de cuantificación del laboratorio.



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

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 2. Así mismo, todos los resultados de laboratorio para muestras de sedimento, emitidos ITS y ABC, se presentan en el Anexo 5.3.

Así como en el caso de las muestras de agua de mar, y a fin de lograr una mayor precisión en los resultados, se realizó un posterior análisis de laboratorio e interpretación de los registros generados durante los ensayos de espectroscopia de absorción atómica a fin de detectar concentraciones de elementos metálicos, hidrocarburos y materia orgánica por debajo de los límites de cuantificación, llegándose a determinar presencia de ciertos elementos en algunas de las muestras.

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 2, no se detectaron HTP- FL, FM y FP por encima de los límites máximos de cuantificación del laboratorio en todas las muestras colectadas. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

En el Apéndice 6.10 se presentan los resultados analíticos de HTP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 2.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)

No se detectaron concentraciones de HAP en ninguna de las muestras de sedimento por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. Al



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

Sin embargo, se encontraron reportes donde se han realizado estudios en organismos marinos en la región del río Coatzacoalcos, y se han detectaron altas concentraciones de HAP de elevada toxicidad y potencial carcinogénico (Botello *et al.*, 1996). No obstante, no se encontraron evidencias de este fenómeno en el área de estudio.

En el Apéndice 6.11 se presentan los resultados analíticos de HAP para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 2.

Metales

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

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

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



- Estaño (Sn)

El comportamiento general de las concentraciones totales de metales pesados presentes en el sedimento marino del Área Contractual 2, se resume en el orden siguiente:

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

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

En el Apéndice 6.12 se presentan los resultados analíticos de metales para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 2.

Hierro (Fe)

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

En el Área Contractual 2, el hierro fue detectado en todas las muestras de sedimento y se encuentra en un rango de 17,272.35 a 28,835.52 mg/kg (ver Gráfica 6.24). Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

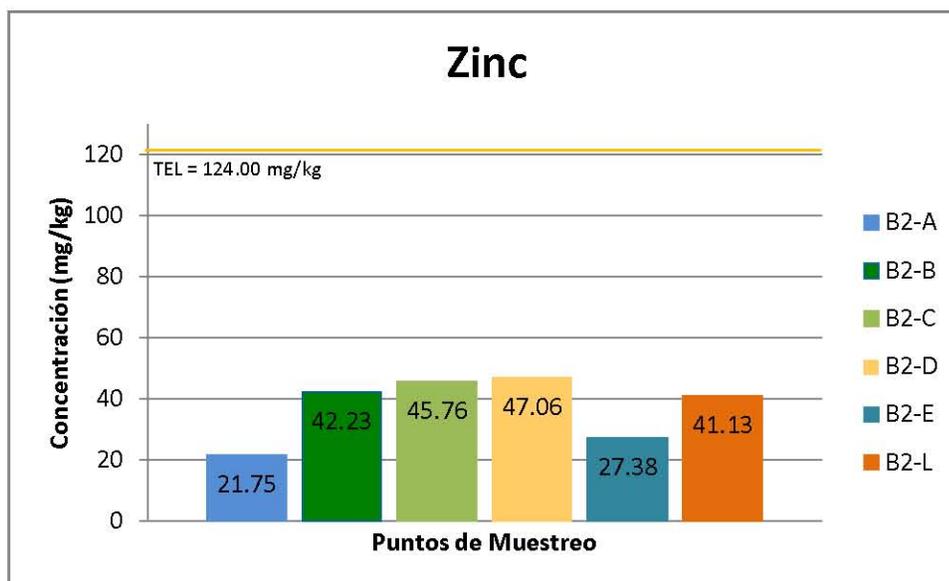


Gráfica 6.24 Concentración de Hierro en sedimento marino

Zinc Total (Zn)

La fracción del Zinc en combinación con óxidos de Hierro y de Manganeseo 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 2 en un rango de 21.75 a 47.06 mg/kg, pero por debajo de los límites establecidos en los SQuiRTs de la NOAA, tal como se observa en la Gráfica 6.25. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



Gráfica 6.25 Concentración de Zinc en sedimento marino

Cadmio (Cd)

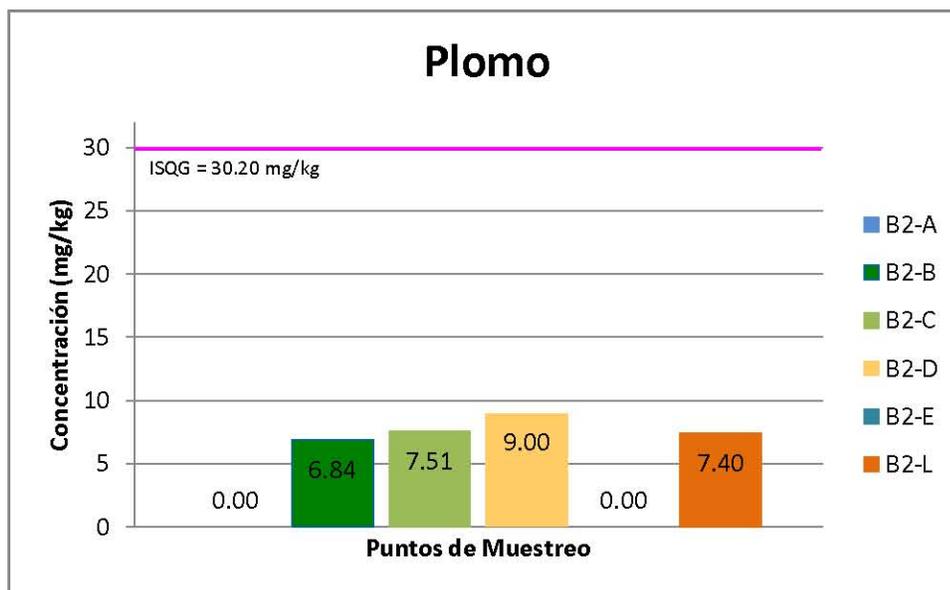
Las concentraciones de Cadmio en sedimento se relacionan con las descargas de los ríos cercanos, a las características sedimentológicas y al contenido de materia orgánica en el sedimento, así como el vertido de residuos industriales (Álvarez et al., 1986; Botello y Páez-Osuna, 1986). En el Área Contractual 2 no se detectó Cadmio en el sedimento marino por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación, se determinaron concentraciones de Cadmio en un rango de 0.96 a 1.23 mg/kg, lo cual está por encima del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA y significa que estas concentraciones están en un rango dentro de los cuales se producen ocasionalmente efectos adversos.

Plomo (Pb)

El contenido Plomo en sistemas acuáticos se debe principalmente al arrastre de sales de depósito mineral y a las industrias que fabrican sustancias como: el tetraetilo de plomo, ácido sulfúrico, etc. (Acosta, 1976; Prego y Cobelo-García, 2003). En el Área de estudio se detectaron concentraciones en un rango de 6.84 a 9.00 mg/kg, por debajo de los criterios de comparación del CCME y los SQiRTs de la NOAA.



En la Gráfica 6.26 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 6.26 Concentración de Plomo en sedimento marino

Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación se determinaron concentraciones de Plomo en dos muestras más:

- B2-Ased = 4.48 mg/kg
- B2-Esed = 4.56 mg/kg

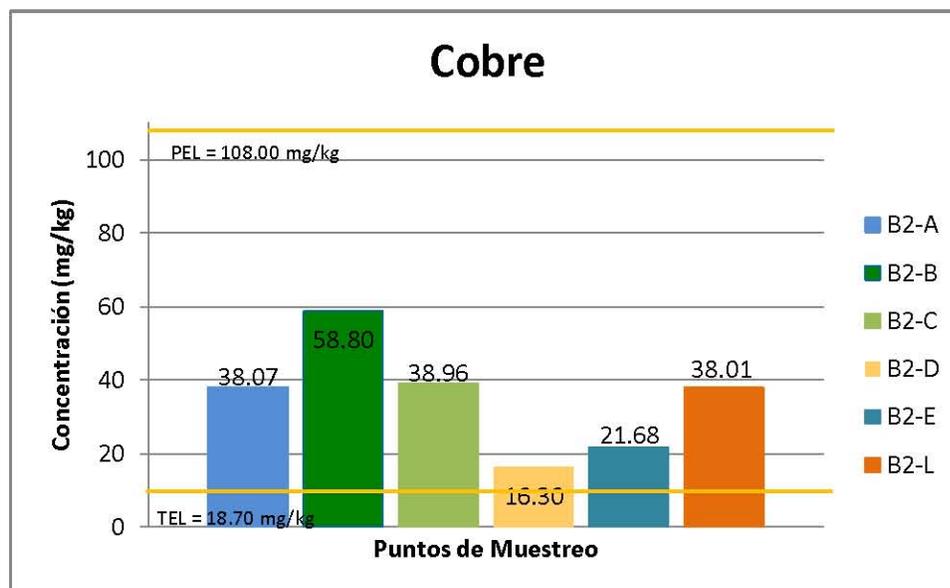
Estas concentraciones están por debajo de los límites de comparación internacionales.

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 2, cinco muestras de sedimento presentaron concentraciones superiores al límite TEL pero menores al límite PEL establecidos por la NOAA, esto significa que estas concentraciones están en un rango dentro de los cuales se producen ocasionalmente efectos adversos (ver Gráfica 6.27). Al realizarse el análisis posterior considerando la



detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



Gráfica 6.27 Concentración de Cobre en sedimento marino

Cromo (Cr)

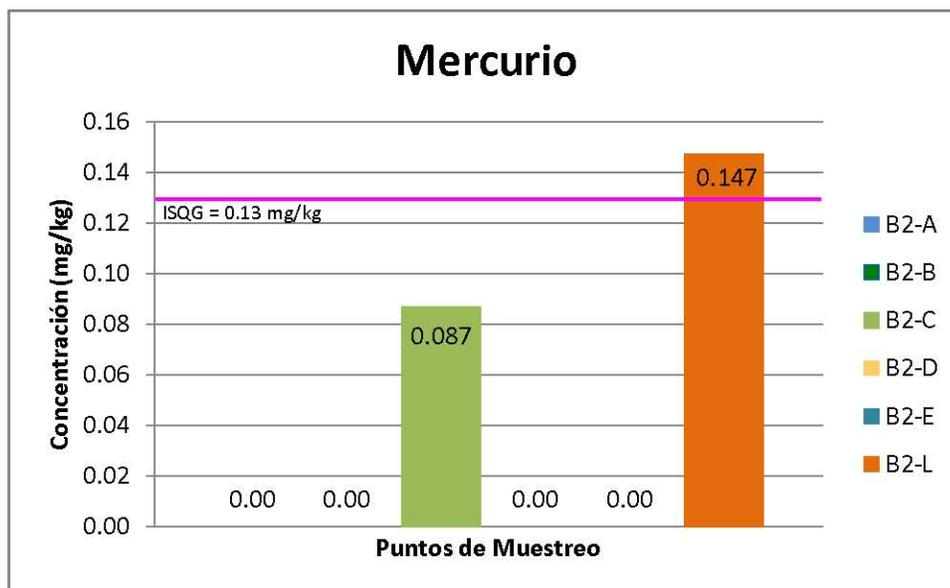
No se detectaron concentraciones de Cromo Hexavalente, en ninguna muestra de sedimento marino del Área Contractual 2, por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Mercurio (Hg)

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

Se detectó Mercurio en dos muestras de sedimento en el Área Contractual 2, únicamente la muestra B2-Lsed presenta una concentración por arriba de los límites de la ISQG que es el mismo que el TEL de la NOAA, lo cual significa que esta concentración está ligeramente por encima de la concentración de efecto mínimo en el que rara vez se producen efectos adversos (ver

Gráfica 6.28).

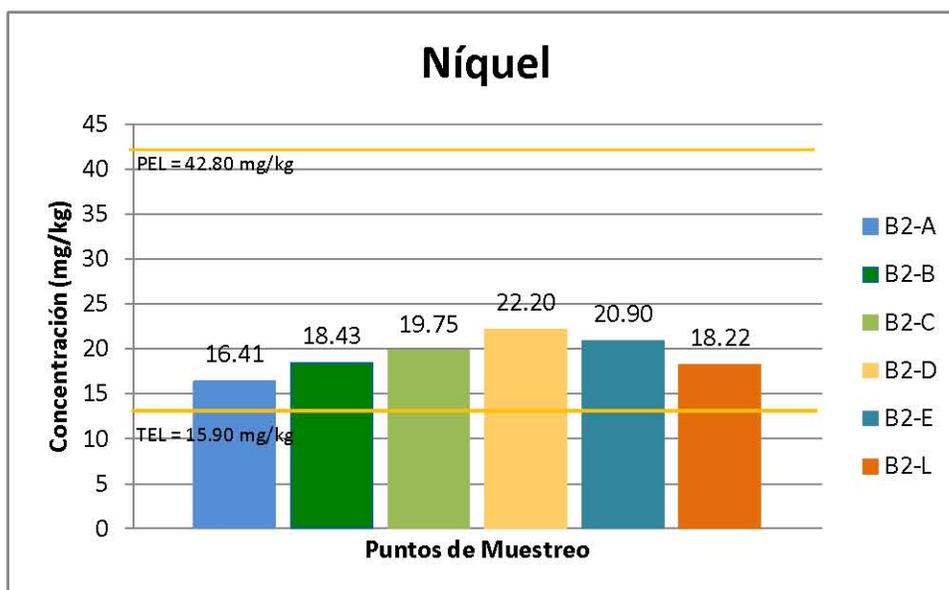


Gráfica 6.28 Concentración de Mercurio en sedimento marino

Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación se determinaron concentraciones de Mercurio en una muestra más, B2-Dsed = 0.075 mg/kg, nivel por debajo de los criterios internacionales.

Níquel (Ni)

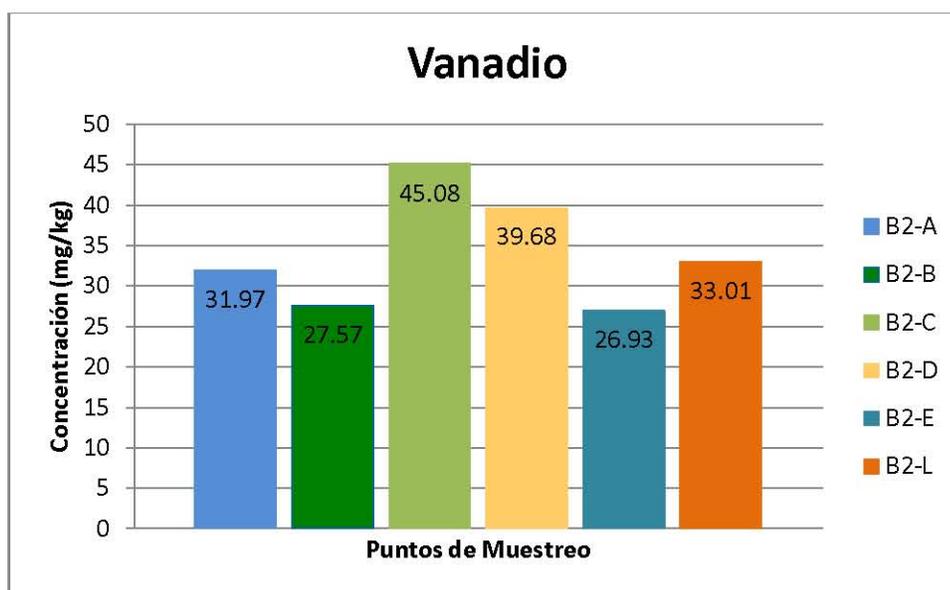
El Níquel se asocia con descargas de origen industrial, principalmente por actividades petroquímicas, y generalmente se encuentra relacionado con el Cianuro, Mercurio y Arsénico (Rodier, 1990). En el Área Contractual 2, todas las muestras presentaron concentraciones de Ni por encima del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA, por lo cual las muestras alcanzan concentraciones que reflejan efectos adversos ocasionalmente (ver Gráfica 6.29). Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



Gráfica 6.29 Concentración de Níquel en sedimento marino

Vanadio

La presencia del Vanadio en sedimento marino se asocia a las actividades petroquímicas ya que entra la ambiente principalmente por la combustión de petróleo. En el Área Contractual 2 todas las muestras presentaron concentraciones de Vanadio en un rango de 26.93 a 45.08 mg/kg (ver Gráfica 6.30). No existe criterio de comparación para este metal. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



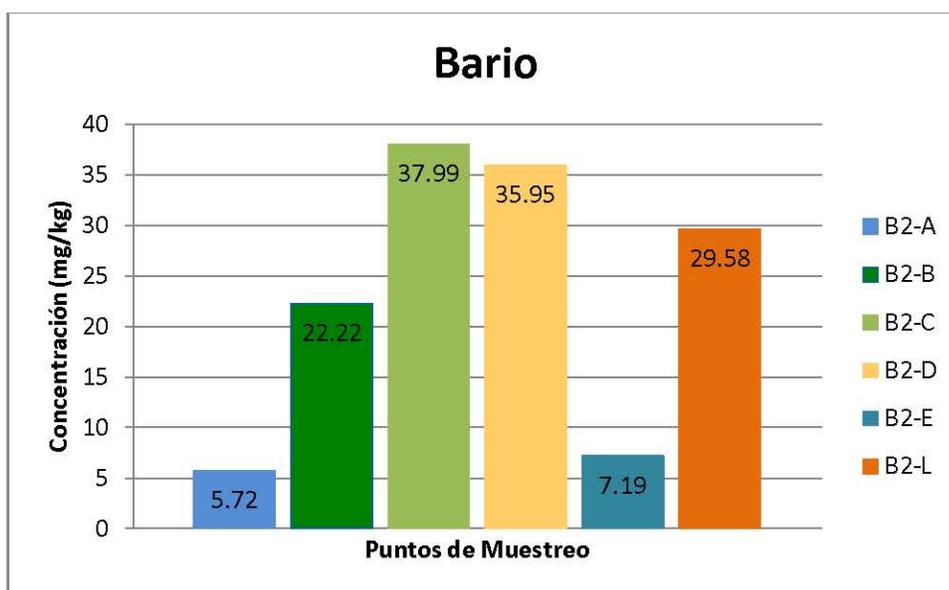
Gráfica 6.30 Concentración de Vanadio en sedimento marino

Plata

No se detectaron concentraciones de Plata por encima del límite de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados. No existe un criterio de comparación para este metal.

Bario

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 2 todas las muestras presentaron concentraciones de Bario en un rango de 5.72 a 37.99 mg/kg (ver Gráfica 6.31). No existe criterio de comparación para este metal.



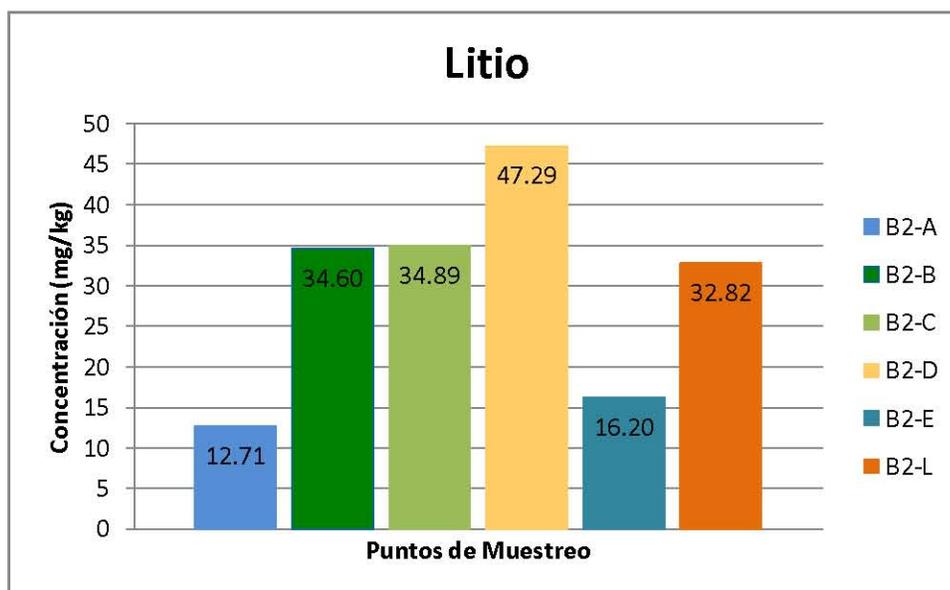
Gráfica 6.31 Concentración de Bario en sedimento marino



Litio

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

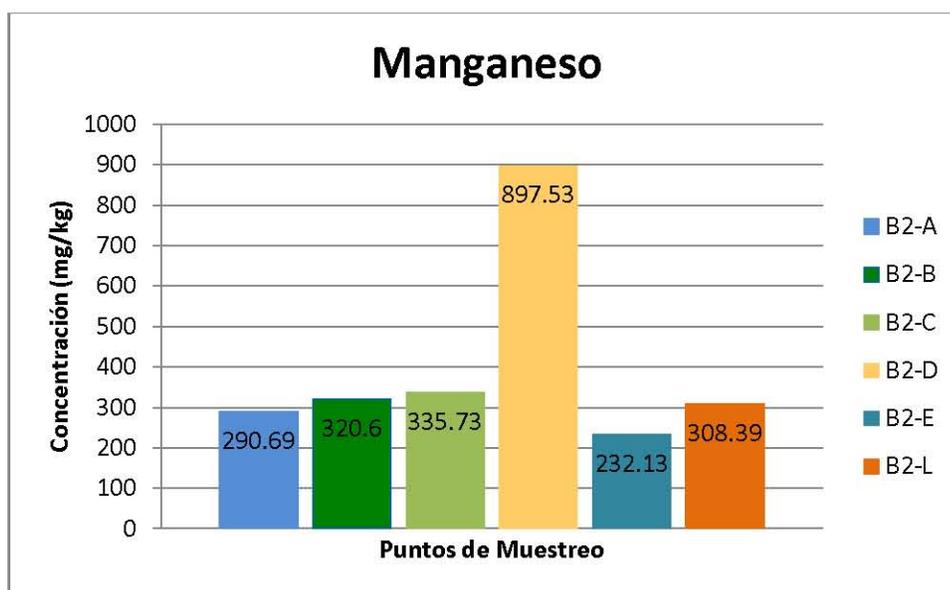
En el Área Contractual 2, las muestras de sedimento presentaron concentraciones de litio en un rango de 12.710 a 47.290 mg/kg (ver Gráfica 6.32). Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados. Este metal no cuenta con criterios de comparación.



Gráfica 6.32 Concentración de Litio en sedimento marino

Manganeso

El Manganeso se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, este metal está presente en estado soluble, en suspensión o en forma de complejo y su solubilidad depende del pH y oxígeno disuelto. En el Área Contractual 2 todas las muestras presentaron concentraciones de Manganeso en un rango de 232.13 a 897.53 mg/kg (ver Gráfica 6.33). Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados. No existe criterio de comparación para este metal.



Gráfica 6.33 Concentraciones de Manganeso en sedimento marino

Molibdeno

En el Área Contractual 2 no se detectó Molibdeno en el sedimento marino por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Selenio

En el Área Contractual 2 no se detectó Selenio en el sedimento marino por encima de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.

Estaño

En el Área Contractual 2 no se detectó Estaño en el sedimento marino por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio. Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación no hubo variación en los resultados.



6.2.7.1

Propiedades físicas

Las propiedades físicas evaluadas en el Área Contractual 2 para este estudio son las siguientes:

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

En el Apéndice 6.13 se presentan los resultados analíticos de las propiedades físicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 2.

Granulometría (partículas elementales)

Se determinaron las partículas elementales del sedimento marino en el Área Contractual 2 y, en general, los resultados analíticos muestran que la partícula más abundante fue la arena. En los puntos de muestreo B2-B, B2-C y B2-D, la segunda partícula más abundante fue la arcilla y finalmente el limo. Por otro lado, en B2-E y B2-L el porcentaje de limo superó al de la arcilla. Particularmente el punto B2-A tuvo un alto porcentaje de arena (94%) y muy bajo para arcilla y limo (Ver Apéndice 6.15).

Textura del sedimento

En el Área Contractual 2 el fondo marino tuvo una batimetría homogénea de 32.2 a 41.6 m de profundidad. En el sedimento encontrado en esta Área predomina la textura franco-arenosa; sin embargo, el punto B2-D tiene una textura franco limosa y el punto B2-A es completamente arenoso. El tipo de sedimento en cada punto de muestreo coincide con las observaciones bibliográficas, ya que se notó que el punto B2-A tenía arena muy gruesa y en el resto de los puntos el sedimento se asemejaba más a limo.

Materia orgánica (MO)

En el Golfo de México el contenido de materia orgánica se distribuye por efecto de la dilución por el material terrígeno proveniente de las zonas cercanas a la costa (Balsam y Beeson 2003). Se han reportados valores MO en los sedimentos marinos de la Sonda de Campeche con una variación de 1.2 a 5.4%, sin distinguir un patrón general consistente en su distribución (Vela, 2005).

Específicamente en el sedimento marino del Área Contractual 2 no se presentaron valores de MO mayores al límite de cuantificación del laboratorio.



Al realizarse el análisis posterior considerando la detección por debajo del límite de cuantificación se determinó concentración de materia orgánica en un rango de 0.03 a 1.90%, lo cual tendría relación con el carbono orgánico total detectado también en el sedimento (ver Tabla 6.13).

Tabla 6.13 Registros de materia orgánica en sedimento marino

Muestra	Prof. (m)	MO (%)
B2-Ased	37.8	0.03
B2-Bsed	41.6	0.72
B2-Csed	33.4	1.14
B2-Dsed	32.2	1.90
B2-Esed	36.2	1.39
B2-Lsed	36.5	0.45

6.2.7.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas evaluadas en el Área Contractual 2 para este estudio son las siguientes:

- Redox
- Carbono orgánico total

En el Apéndice 6.14 se presentan los resultados analíticos de las propiedades químicas para cada muestra de sedimento marino tomada en el Área Contractual 2.

Redox

En el Área Contractual 2 se registraron valores de potencial redox en un rango de 411.60 a 432.73 mV, lo cual significa que el ambiente favorece las reacciones de oxidación. Este ambiente es propicio para microorganismos aerobios estrictos, los cuales son metabólicamente activos a potenciales redox positivos, y para microorganismos anaerobios facultativos.

Carbono orgánico total

Suess ha reportado (1980) que el flujo de carbono orgánico disminuye conforme aumenta la profundidad en la columna de agua, sin embargo, el Área Contractual 2 tiene casi la misma batimetría en todos los puntos, por lo cual esto no se pudo apreciar.



En zonas cercanas al Área Contractual 2 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 0.047 a 1.179%, lo cual se encuentra dentro o cercano al intervalo esperado de carbono orgánico. Únicamente la muestra B2-Esed presentó un valor más bajo al encontrado en la bibliografía, siendo este de 0.047%.



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 nitzschoides*, *Chaetoceros lorenzianus* y *Chaetoceros compressus*; las cianofitas *Anacystis dimidiata*, *Oscillatoria erythraea*, Chroococcales y *Synechococcus sp.*; y un dinoflagelado perteneciente al género *Paulsenella*.

En 1999 se realizó la campaña oceanográfica XCAMBO-1 en la que se analizó la variación espacio-temporal del fitoplancton (Cinvestav, 2000). En este estudio se identificaron algunas especies de dinoflagelados potencialmente tóxicas como *Gymnodinium breve*, *Gymnodinium splendens*, *Prorocentrum norissianum*, *Scropsiella 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 microfítoplancton (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%.

Las mayores abundancias relativas se detectaron frente a la zona de influencia del río Coatzacoalcos, así como frente a la laguna de Términos (0.8-1 cel/L). Las



menores concentraciones correspondieron a la zona norte de Campeche (0.2 cel/L). Por otra parte, el grupo de las cianofitas presentó concentraciones inferiores a 0.002 cel/L y su distribución se restringió a la porción norte del río Coatzacoalcos (Cinvestav, 2000).

Entre las investigaciones más recientes sobre el fitoplancton en el sur del Golfo, se tiene la que realizaron Licea y colaboradores en el año 2011, cuyo objetivo principal fue regionalizar la porción sur del Golfo en base a la distribución y composición específica de las diatomeas; para ello, analizaron los datos provenientes de 14 cruceros oceanográficos efectuados entre junio de 1979 y diciembre de 2002, y reportaron como especies más frecuentes (> 40%) a *Asterionellopsis glacialis*, *Bacteriastrium delicatulum*, *B. hyalinum*, *Chaetoceros affinis*, *Ch. coarctatus*, *Ch. compressus*, *Ch. curvoisetus*, *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. nitzschiioides* y *Thalassiosira eccentrica*.

En la zona de influencia del Área Contractual 2, que en el estudio de Licea y colaboradores (2011) comprende la porción sureste del estado de Veracruz y que incluye al río Coatzacoalcos, las especies más representativas fueron *Chaetoceros affinis*, *Ch. compressus*, *Cylindrotheca closterium*, *Rhizosolenia setigera* y *Skeletonema costatum*. Cabe señalar que las referidas microalgas tienen preferencia por aguas salobres. Asimismo, en esta región se registraron 33 especies de microalgas que no fueron reportadas en otras zonas del sur del Golfo, las cuales incluyeron a los géneros taxonómicos *Amphora*, *Asteromphalus*, *Biddulphia*, *Caloneis*, *Cerataulus*, *Coscinodiscus*, *Cyclotella*, *Cymbella*, *Diploneis* y *Nitzschia*.

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

Cabe mencionar que no se tienen registros de eventos de “marea roja” o Floraciones Algales Nocivas para la zona cercana al Área Contractual 2 entre los años 2003 y 2014 (COFEPRIS, 2014).

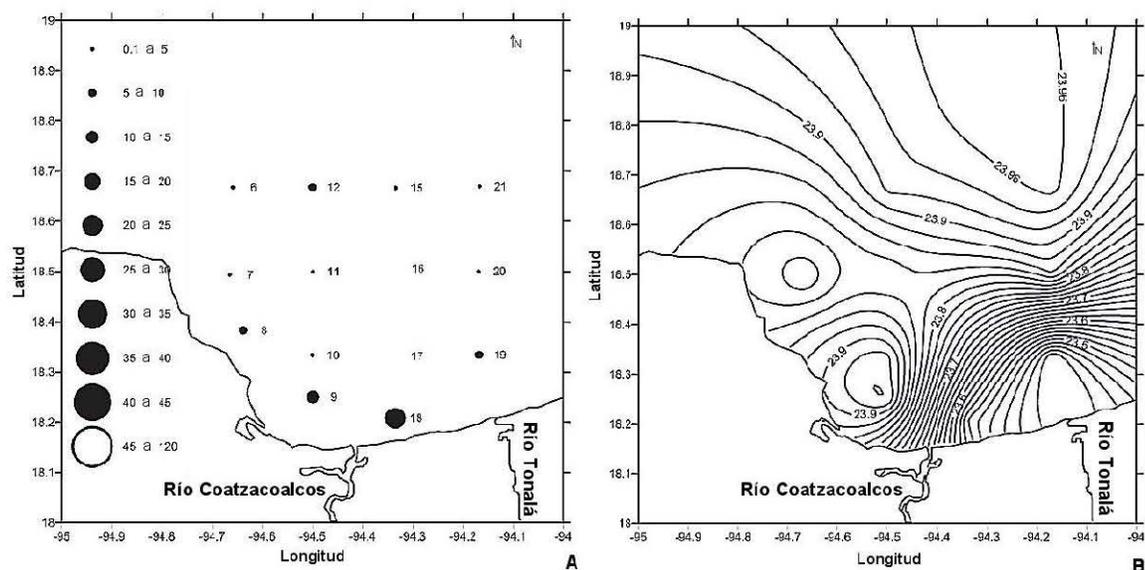


Las muestras de fitoplancton colectadas durante el crucero bio-oceanográfico están siendo analizadas en los laboratorios del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Debido a que este tipo de análisis requiere de un tiempo mínimo para garantizar la correcta determinación taxonómica de organismos,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

6.3.2

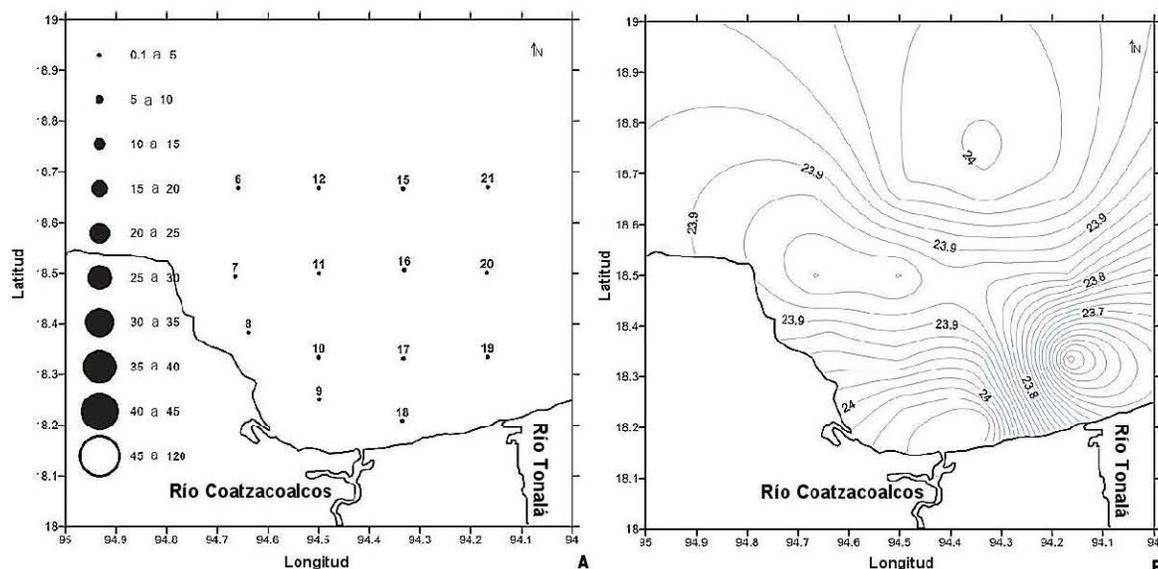
Zooplankton

El zooplankton representa el grupo de organismos que sirve como eslabón en el flujo de energía entre productores primarios y niveles tróficos superiores. Vera-Mendoza y Salas de León (2014) analizaron la comunidad zooplanctónica en la zona de influencia del Área Contractual 2 durante el mes de abril del 2000. En las figuras siguientes se muestran los resultados de la distribución horizontal de la biomasa y densidad de zooplankton, a diferentes intervalos de profundidad (ver Figura 6.27, Figura 6.28 y Figura 6.29).



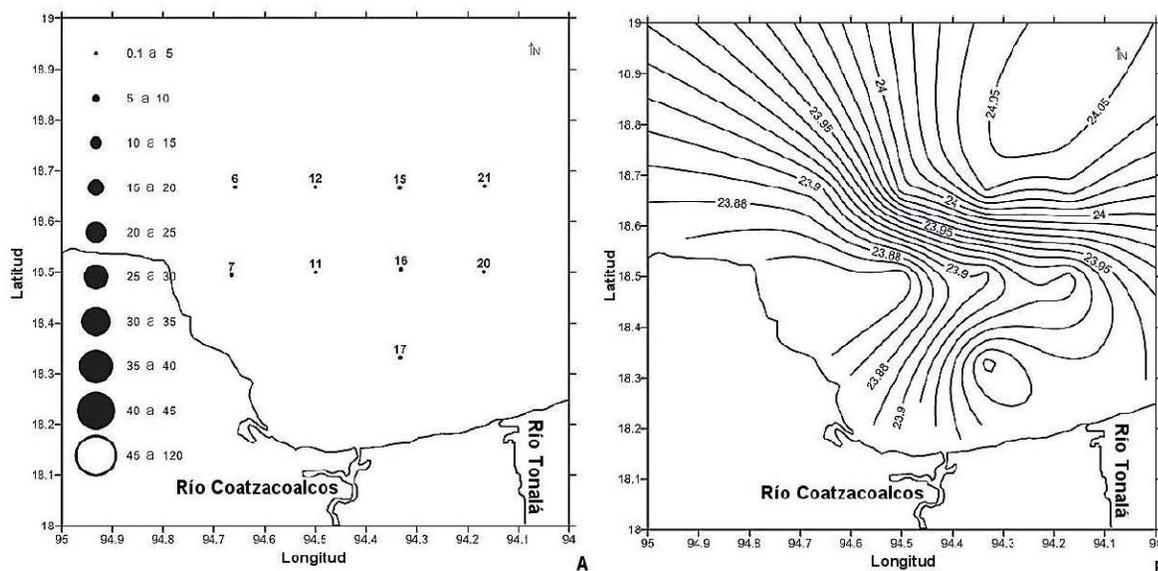
Fuente: Vera-Mendoza y Salas-de-León, 2014

Figura 6.27 Distribución horizontal del zooplankton en el intervalo 0-10 m de profundidad: A) Biomasa (mg m^{-3}); B) Densidad (kg m^{-3}).



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

Figura 6.28 Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 10–20 m de profundidad: A) Biomasa (mg m^{-3}); B) Densidad (kg m^{-3})



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

Figura 6.29 Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 20–30 m de profundidad: A) Biomasa (mg m^{-3}); B) Densidad (kg m^{-3})

Para esta misma zona, Arriola-Pizano (2012) reportó una composición y abundancia de zooplancton en abril de 2000 durante la última temporada de Nortes, la cual se presenta en la Tabla 6.14 y estuvo caracterizada por lo



dominancia del grupo Copepoda, seguido de Foraminifera, Chaetognatha y Ostracoda.

Tabla 6.14 Composición y abundancia del zooplancton (organismos/ 100 m³) en abril de 2000 en la zona de influencia del Área Contractual 2

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

Fuente: Arriola-Pizano (2012)

A partir de la información recabada de trabajos especializados, bases de datos e informes técnicos, se elaboró un listado taxonómico de organismos del zooplancton reportados para el suroeste del Golfo de México, incluyendo datos relativos a su hábitat, biología y distribución batimétrica, el mismo que se adjunta en el Apéndice 6.17 del mismo nombre.

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



6.3.3

Macrobentos

Los organismos asociados a los fondos marinos se definen como bentos, 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 reciclamiento de materiales en la interface agua-sedimento.

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

El bentos en el ecosistema marino es de gran importancia por su papel en los procesos primarios, como son los ciclos biogeoquímicos encontrándose estrechamente vinculados al reciclamiento de materiales en la interface agua - sedimento. Los componentes bénticos ocurren a lo largo de todo el gradiente batimétrico, desde la zona litoral hasta la zona abisal. 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 distribución de los organismos bentónicos se da a lo largo de todo el gradiente batimétrico, desde la zona litoral hasta las zonas abisales. La asociación del bentos, temporal o permanente con el sustrato, se presenta a través de las actividades de bioturbación, horadación, oxigenación y cementación del sedimento. Las interacciones con otras especies le permiten la subsistencia a lo largo del ciclo de vida (Escobar, 2005). Asimismo, se menciona que los recursos bentónicos se han estudiado ampliamente en la zona costera del Golfo de México; siendo los hábitats mejor documentados las marismas, playas, costa rocosa, raíces de manglares, pantano y pastos marinos en las lagunas costeras y estuarios, y en menor grado, las playas y las costas rocosas (Escobar, 2005). Asimismo, la información es abundante para el bentos de fondos lodosos, arrecifes de ostiones y de coral asociados a la plataforma continental, donde se ha explotado también el número más elevado de recursos.

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

De los resultados existentes de estudios del bentos en el Golfo de México se puede reconocer que existe una diversidad grande de ecosistemas y hábitats. Esta diversidad en escalas de ecosistemas, y paisajes permite extrapolar que en el



Golfo de México existe una diversidad potencial elevada equivalente a la reconocida en hotspots terrestres de ambientes tropicales y subtropicales.

La estructura comunitaria del bentos en el Golfo de México incluye una gran diversidad de especies. Con base en la revisión de literatura especializada, informes técnicos y bases de datos, se realizó un listado taxonómico (Apéndice 6.18) 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 (Ortíz, 2000; Escobar-Briones, 2004; Ruíz, 2008).

La riqueza de especies en ambientes someros está ampliamente estudiada; sin embargo, no se encuentra caracterizada en su totalidad (Escobar-Briones, 2004). En lo que respecta al número de especies de moluscos es aparentemente más elevado que el reconocido para las lagunas costeras del Golfo de México, ya que para la zona Suroeste del Golfo 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).

El número de anélidos poliquetos asociado a fondos blandos cercanos a las plataformas petroleras en el sector externo de la Sonda de Campeche es de 176 especies pertenecientes a las siguientes familias: Phyllodoctidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae, Pilargidae Spionidae, Orbiniidae y Cossuridae (Granados-Barba y Solís Weiss 1997a; Granados-Barba y Solís Weiss 1997b; Granados-Barba y Solís Weiss, 1998). En el caso de los equinodermos se ha reconocido la presencia de 48 especies de asteroideos y equinoideos en un área que abarca el Sur de Veracruz y Yucatán (Caso, 1971; Solís Marín *et al.*, 1993; Barbosa-Ledesma *et al.*, 2000).

En la zona adyacente al Área Contractual 2 se ha registrado un número elevado de especies de poliquetos, los cuales son considerados bioindicadores de contaminación (Bryan y Hummerstone, 1978; Botello, 1996), debido a las altas concentraciones de Cr y Cu que se encuentran en el sedimento (Ortíz, 2000).

Conforme se incrementa la profundidad, los diversos parámetros abióticos y bióticos se vuelven limitantes y ejercen acciones diversas sobre los organismos bentónicos. Tal es así, que la iluminación cumple un rol importante en el medio marino porque la luz es requerida por las algas para el proceso de fotosíntesis y la visión de los diferentes organismos; asimismo, esta influye sobre el



comportamiento de los mismos. Muchas especies se guían por el fototactismo o el fototropismo para poder fijarse en el fondo (etapa larval) y establecerse en ella.

La temperatura es otro factor influyente en el ciclo de vida de los organismos bentónicos. Cuando esta se incrementa, acelera el crecimiento, la madurez sexual es más precoz y la longevidad es menor. Sin embargo, existe una temperatura óptima para cada función, por debajo o por encima de la cual se producen retardos o aceleraciones que pueden causar anomalías en diversos organismos. A mayores profundidades, la temperatura es menor debido a que la penetración de la luz es escasa y en las diferentes estaciones de muestreo osciló entre los 14.7 y 16.8 °C.

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

6.3.4

Fauna íctica

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

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria se registraron 6 especies de peces: "besugo" *Rhomboplites auronbens*, "chac-chí" *Haemulon aurolineatum*, "cojinuda" *Carangoides bartholomaei*, "pluma" *Calamus nodosus*, "rubia" *Ocyurus chrysurus* y "tigre" *Diplectrum formosum*, pertenecientes a 4 familias taxonómicas: Lutjanidae, Haemulidae, Sparidae y Serranidae.



6.3.4.1 Pesca Exploratoria en la Locación L2-D

La primera locación caracterizada fue L2-D, la cual registró una profundidad de 32.8 m y, según información preliminar, el lecho marino estaría conformado por sustrato de tipo arenoso, limoso y con presencia de conchuela. Según el “Boletín Meteorológico” del domingo 31 de enero las condiciones del Golfo de México para el puerto de Coatzacoalcos fueron de cielo medio nublado, vientos del sureste (5 - 10 kph) y olas de 2 a 3 pies.

Durante la faena de pesca se registraron condiciones ambientales adecuadas para la navegación, con presencia de mar rizado, vientos de ligera intensidad (Escala Beaufort: 1) y cielo despejado (0/8 octas).

Se arribó a la locación L2-D a las 07:30 horas, y se calaron las redes agalleras a las 07:45 horas. El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas, al término del cual se recogieron las redes, finalizando la maniobra a la 10:15 horas, tal como se registra en la Tabla 6.15. Se estimó una deriva de los aparejos de aproximadamente 620 m con dirección noreste.

En paralelo se maniobraron aparejos pasivos de línea, lo cual incluyó el uso de cordel (nylon nº 40) y anzuelo (nº 4), calas que se realizaron en dirección noroeste de las redes agalleras.

Tabla 6.15 Datos generales de la pesca exploratoria en la locación L2-D del Área Contractual 2.

Cala	Este	Norte	Hora
Inicio cala	359402	2029450	07:45 a.m.
Fin cala	358883	2029451	10:15 a.m.
Cordel y anzuelo	337557	2020620	09:30 a.m.

Fuente: ERM, 2016.

El “tren” de redes agalleras no reportó especies pesqueras al término del período de cala, a pesar de estimar una relativa cercanía con las zonas costeras, próxima a los 10 km; y considerar el fondo duro como hábitat propicio para una elevada diversidad íctica. Entre los motivos que se podrían atribuir a la escasez de capturas se reporta la presencia de “toninas” en las inmediaciones de la locación, avistándose 3 individuos de la especie *Tursiops truncatus* a 50 m al este del tren de redes (337971 E, 2020057 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”.

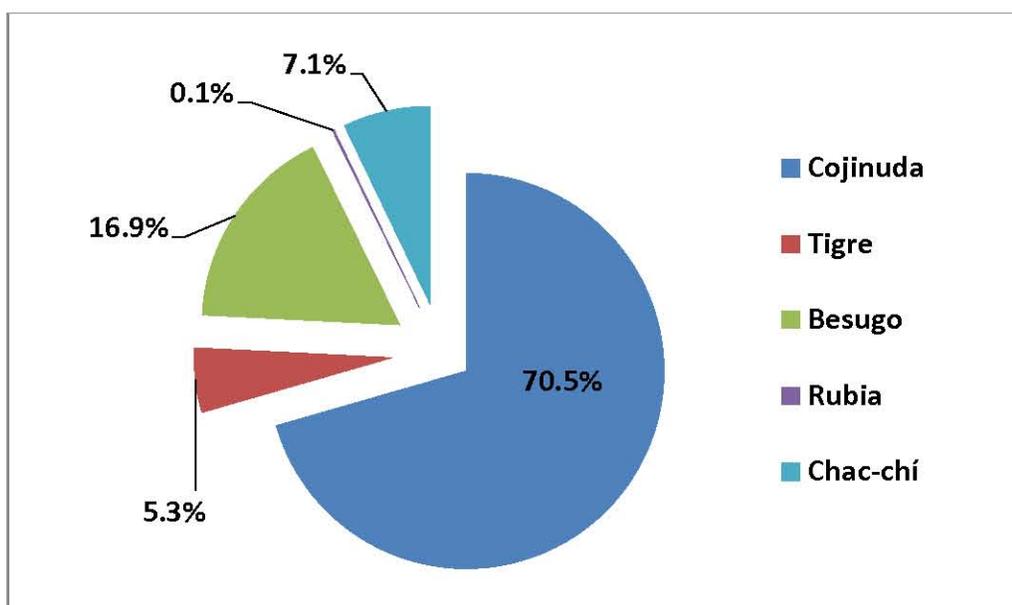
Las artes de pesca en las que ocurren capturas incidentales y las especies involucradas son: redes agalleras (toninas, delfín moteado del Atlántico, delfín moteado pantropical), redes de arrastre (toninas), entre otras. En ocasiones los pescadores atacan a los cetáceos para evitar que se alimenten de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

Por otro lado, la pesca pasiva con cordel y anzuelo obtuvo resultados positivos, se registraron 5 especies de peces, siendo la más representativa, en términos cuantitativos, la “cojinuda” *Carangoides bartholomaei*, seguido del “besugo” *Rhomboplites aurorubens* y el “chac-chí” *Haemulon aurolineatum*. El resto de especies solo representó el 5.5% de las capturas para la estación L2-D. Se totalizaron 4.1 kg de capturas para las 5 especies (ver Tabla 6.16 y Gráfica 6.34).

Tabla 6.16 Especies registradas en la locación L2-D del Área Contractual 2.

Nombre Común	Nombre Científico
Besugo	<i>Rhomboplites aurorubens</i>
Chac-chí/Ronco	<i>Haemulon aurolineatum</i>
Cojinuda	<i>Carangoides bartholomaei</i>
Rubia/Canané	<i>Ocyurus chrysurus</i>
Tigre/Bolo	<i>Diplectrum formosum</i>

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.34 Composición porcentual de las capturas en la locación L2-D

La composición específica también indica una importante presencia de especies de la familia Lutjanidae (“besugo”, “cojinuda” y “rubia”), las cuales confirmarían la dominancia de este grupo en las pesquerías locales de Veracruz. Es preciso indicar que la pesca de “jurel” y “cojinuda” se desarrolla durante todo el año. El 97% de las capturas las aportan los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco. La captura anual promedio de “jurel” y “cojinuda” en el Golfo de México durante el periodo 1998-2008 fue de 7,122 toneladas (Carta Nacional Pesquera, 2012).

En general, las mediciones biométricas de las especies capturadas pueden ser de utilidad para la determinación a futuro de las épocas de reclutamiento, las condiciones de nutrición de las poblaciones de peces objeto de la actividad pesquera, así como el establecimiento de patrones estacionales del tamaño, composición y estado reproductivo de estas poblaciones, entre otros aspectos.

La distribución sexual de la “cojinuda” indica una cohorte dominada por los machos (57.1%), seguido de las hembras (28.6%) y un 14.3% de individuos de sexo indeterminado. La misma tendencia se observó para el “besugo” y “chac-chí”

Según la escala de madurez gonadal de ambos géneros (Holden y Raitt, 1975), para la “cojinuda”, el “besugo”, el “chac-chí” y el “tigre”, se estimó una Fase II y III, con las características del estado virgen madurando y maduro respectivamente, observando a nivel macroscópico ovarios de color rosado a



amarillento para las hembras y testículos de color blanquecino a blanco lechoso para los machos, y en algunos casos zonas sanguinolentas, producto de la marcada presencia de vasos sanguíneos.

Estos resultados determinarían que las capturas obtenidas pertenecieron a una cohorte adulta, las cuales habrían madurado a nivel gonadal (90.5%) y un reducido grupo de individuos indeterminados (9.5%).

6.3.4.2 Pesca Exploratoria en la Locación L2-B

La segunda locación que se caracterizó fue L2-B, la cual registró una profundidad de 41.6 m

Se arribó a la locación L2-B a las 11:30 horas, y se calaron las redes agalleras a las 11:36 horas. El tiempo de esfuerzo se totalizó en 2 horas, al término del cual se recogieron las redes, finalizando la maniobra a la 13:37 horas (ver Tabla 6.17). Se estimó una deriva de los aparejos de aproximadamente 517 m con dirección Este.

En paralelo se maniobraron aparejos pasivos de línea, lo cual incluyó el uso de cordel (nylon nº 40) y anzuelo (nº 4), calas que se realizaron al suroeste de las redes agalleras.

Tabla 6.17 Datos generales de la pesca exploratoria en la estación L2-B del Área Contractual 2

Cala	Este	Norte	Hora
Inicio cala	359402	2029450	11:36 a.m.
Fin cala	358883	2029451	01:37 p.m.
Cordel y anzuelo	359066	2029333	12:30 p.m.

Fuente: ERM, 2016

En esta locación se registró la presencia de una especie de la familia Sparidae y otra de la familia Haemulidae, representados por la “pluma” *Calamus nodosus* y el “chac-chí” *Haemulon aurolineatum*.

La “pluma” se capturó con la red tipo C, la cual tiene un diámetro de malla de 3 pulgadas. La distribución geográfica de esta especie en el Golfo de México abarca las Zonas I, II y III, y se encuentra asociada a cardúmenes de pargos y meros. Debido a la característica de su morfología externa frontal, habría sido posible su enmalle en la red C. Se determinó una longitud perpendicular de 9.0 cm. y un peso de 140 gr.



Por otro lado, la pesca pasiva con cordel y anzuelo también obtuvo un resultado positivo, registrándose un individuo de “chac-chí” *Haemulon aurolineatum* de 18 cm de longitud total (ver Tabla 6.18). La distribución geográfica de esta especie también cubre las Zonas I, II y III del Golfo.

Tabla 6.18 Especies registradas en la locación L2-B del Área Contractual 2.

Nombre Común	Nombre Científico
Chac-chí/Ronco	<i>Haemulon aurolineatum</i>
Pluma	<i>Calamus nodosus</i>

Fuente: ERM, 2016

El estado sexual y reproductivo del “chac-chí” evidenció un ejemplar hembra con las gónadas hidratadas (E.G.: 4); los ovarios ocuparon toda la cavidad abdominal y se observó una coloración naranja opaco. Para el caso de la “pluma” se determinó un individuo hembra, en estado gonádico 2, con las gónadas de color rosado y ovocitos imperceptibles; los ovarios ocuparon casi la mitad de la longitud de la cavidad abdominal.

La fauna íctica reportada en ambas locaciones de pesca exploratoria del Área Contractual 2 se presenta en el Apéndice 6.19, y los parámetros de caracterización estimados se muestran en la Tabla 6.19:

Tabla 6.19 Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 2.

Parámetro	Unidad	Cojinuda	Besugo	Chac-chí	Tigre	Rubia	Pluma
Abundancia Relativa	Nº individuos/hora	7	5	5	3	1	1
Biomasa de Capturas (CPUE)	g/hora	2910.0	699.0	366.0	217.0	5.7	140.0
Talla de Capturas	Longitud prom/individuo	33.1	23.1	15.7	20.8	19.5	20.0
Peso de Capturas	Peso promedio/individuo	415.7	139.8	61.0	72.3	5.7	140.0

Fuente: ERM, 2016

Cabe resaltar que estos indicadores se refieren a la pesca con cordel y anzuelo, con la excepción de la especie “pluma”, la cual se capturó con la red tipo C.



Los valores de diversidad relativa fueron de 5 especies/hora para la locación L2-D y de 2 especies/hora para L2-B, indicando una influencia del tipo de sustrato y la proximidad de la costa con un nivel batimétrico ligeramente inferior. La locación L2-D dista unos 10 km de la costa más cercana, mientras que L2-B se encuentra a 20 km.

Con respecto a la abundancia relativa, se estimó el máximo registro para la “cojinuda”, calculándose 7 individuos/hora, seguido del “besugo” y el “chac-chí”, con 5 individuos/hora cada uno, aunque en la locación L2-B solo se obtuvo 1 individuo/hora.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se consideró representativa para la “cojinuda” y el “besugo”, registrándose 2,910 y 699 gr/h respectivamente. Las demás especies obtuvieron valores inferiores a los 400 gr/h, los cuales estarían influenciados por el tamaño de los individuos capturados.

La “cojinuda” registró una longitud promedio de 33.1 cm; el “besugo”, 23.1 cm; el “tigre”, 20.8 cm; la “pluma”, 20.0 cm; la “rubia”, 19.5 cm; y el “chac-chí”, 15.7 cm.

La “cojinuda” obtuvo un peso promedio de 415.7 gr; la “pluma”, 140 gr; el “besugo”, 139.8 gr; el “tigre”, 72.3 gr; el “chac-chí”, 61 gr; y la “rubia”, 5.7 gr.

Las 6 especies reportadas no presentan tallas mínimas de captura vigente, sugiriéndose estudios de esfuerzo pesquero y artes de pesca selectivos para determinar las mejores estrategias de manejo de recursos como la “cojinuda” y el “besugo”.

Los resultados obtenidos para el Área Contractual 2 evidencian zonas de baja diversidad para especies de escama artesanal; así como la moderada concurrencia como zona de pesca en la estación L2-D, se avistaron 2 embarcaciones artesanales en los alrededores, y ningún avistamiento de embarcaciones en la estación L2-B.

Todas las especies se encuentran incluidas en la última Carta Nacional Pesquera de México, así como 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) (Ver Apéndice 6.20).

6.3.5

Aves Marinas

Se recorrieron 46 millas náuticas (mn), de las cuales solo en 8 mn se obtuvo registros de aves. Se determinó en 9 avistamientos efectivos un total de 17



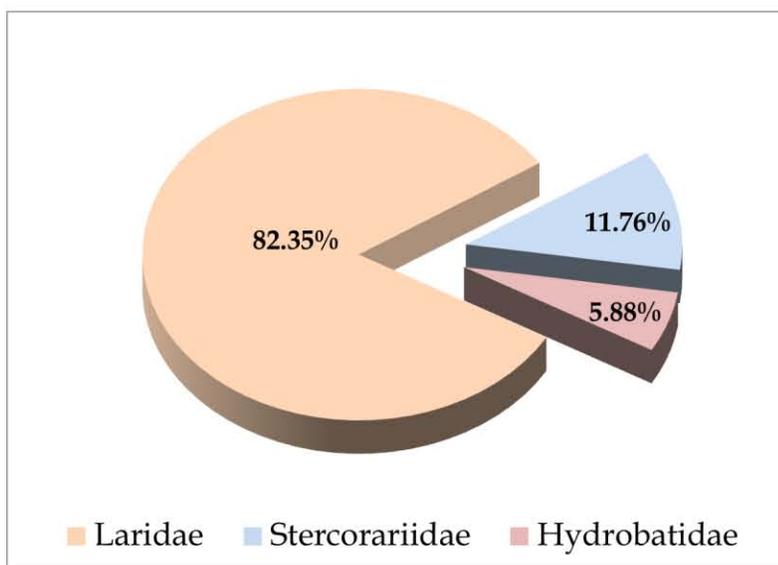
individuos correspondientes a 4 especies, las cuales están agrupadas en 3 familias y 2 órdenes taxonómicos, tal como se observa en la Tabla 6.20.

Tabla 6.20 Aves registradas en en el Área Contractual 2

Orden	Familia	Especie	% Especie	% Familia
Procellariiformes	Hydrobatidae	<i>Oceanites oceanicus</i>	5.88	5.88
Charadriiformes	Stercorariidae	<i>Stercorarius pomarinus</i>	11.76	11.76
	Laridae	<i>Leucophaeus atricila</i>	58.82	82.35
		<i>Thalasseus maximus</i>	23.53	

Fuente: ERM, 2016

Durante la evaluación las familias Laridae y Stercoaridae fueron las más numerosas. La especie con mayor número de registros fue la “gaviota reidora” (*Leucophaeus atricilla*), seguida del “salteador robusto” (*Stercorarius pomarinus*), tal como se observa en la Gráfica 6.35.



Fuente: ERM, 2016

Gráfica 6.35 Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 2



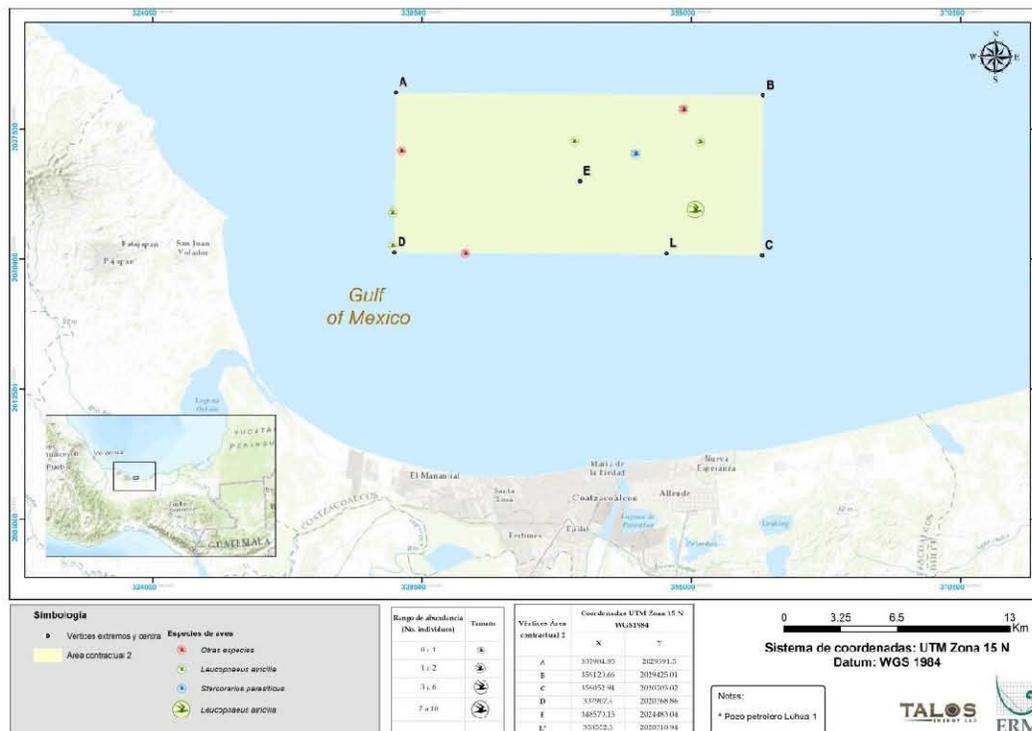
6.3.5.1 Ubicación y distribución de las especies registradas

Las cuatro especies observadas ocurren en el Golfo de México y están distribuidas en distintos tipos de hábitat. Por ejemplo, *Oceanites oceanicus* y el *Stercorarius pomarinus* son especies pelágicas, vale decir se les encuentra alejadas de la costa preferentemente. Las especies de la familia Laridae como son la “gaviota reidora” *Leucophaeus atricilla* y el “charrán” *Thalasseus maximus*, si bien se pueden encontrar en ambientes pelágicos e incluso islas, pueden ser observadas muy cerca de la costa, en playas y bahías alrededor del Golfo (ver Tabla 6.21).

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

Taxa	Especie	Autor	Año	Hábitat
Hydrobatidae	<i>Oceanites oceanicus</i>	Kuhl	1820	Pelágico
Stercoraridae	<i>Stercorarius pomarinus</i>	Temminck	1815	Pelágico
Laridae	<i>Leucophaeus atricilla</i>	Linnaeus	1758	Bahía y cercano a la costa; playa y costa; islas
Laridae	<i>Thalasseus maximus</i>	Boddaert	1783	Playa y costa; bahía y cercano a la costa; islas

Fuente: ERM, 2016



Fuente: ERM,2016

Figura 6.30 Distribución de especies registradas

6.3.5.2 Diversidad de especies registradas

El análisis de diversidad de los registros de aves obtuvo los valores para los siguientes índices: Shannon y Wiener ($H' = 1.545$ bits/individuos) y Equidad de Pielou ($J = 0.773$), este último corrobora la mayor abundancia de una especie en la zona, la gaviota reidora *Leucophaeus atricilla*. Por otro lado, el índice de Margalef ($DMG = 1.059$), indicaría que la riqueza de especies es baja en dicha área evaluada.

La relación de aves marinas que ocurren en el Golfo de México se adjunta en el Apéndice 6.21

6.3.5.3 Categoría de conservación

En cuanto a la Legislación Nacional, NOM-059-SEMARNAT-2010, ninguna de las cuatro 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) 12 especies, en estatus de Amenazadas (A) son 55 especies y se registran como Raras (R) 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 6.22, se detalla el estado de conservación nacional e internacional de las especies registradas en el Área Contractual 2:

Tabla 6.22 Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 2

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	Endemismo
<i>Oceanites oceanicus</i>	Paiño de Wilson	SC	LC	No
<i>Stercorarius pomarinus</i>	Salteador robusto	SC	LC	No
<i>Thalasseus maximus</i>	Charrán real	SC	LC	No
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaviota reidora	SC	LC	No
Nota: Sin Categoría (SC). Preocupación menor (LC)				

Fuente: ERM, 2016

Cabe señalar que la cercanía a costa en especial al Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), los Humedales de Tuxpan (8.5mn o 15.23 km), área que puede ser usada por algunas especies pelágicas.

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).

6.3.6 *Mamíferos Marinos*

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

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

En el Golfo de México, la profundidad es la variable ambiental con mayor influencia en la distribución de los cetáceos. Se han observado diferencias significativas en la profundidad de las regiones en las que habitan las diferentes especies (Davis *et al.*, 1998; Baumgartner *et al.*, 2001; Davis *et al.*, 2002; Ortega-Ortiz, 2002), por lo que la mayoría de las especies habitan aguas oceánicas con profundidad mayor a 200 m. Incluso, las toninas pueden acercarse a lagunas costeras y estuarios.

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 (En INE-SEMARNAT, 2004).

La “tonina” es el único cetáceo que habita lagunas costeras, desembocadura de ríos, zona litoral, nerítica y oceánica del Golfo de México. Evidencias morfológicas y genéticas sugieren la existencia de dos ecotipos o poblaciones parapátricas de



toninas, una costera y otra nerítica-oceánica (Hersh y Duffield 1990; Mead y Potter 1995; Hoelzel *et al.*, 1998; Torres *et al.*, 2003).

6.3.6.1 *Composición y abundancia de las especies registradas*

Se registró solo a una especie que correspondería al “delfín pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*). Es importante destacar que fuera de estaciones de observación, se observaron 2 ejemplares de “tonina” o “delfín nariz de botella” (*Tursiops truncatus*) (ver Tabla 6.23). Asimismo, durante las actividades de pesca exploratoria en el borde sur del Área Contractual 2 se observó la presencia de esta especie asociada a las redes de pesca.

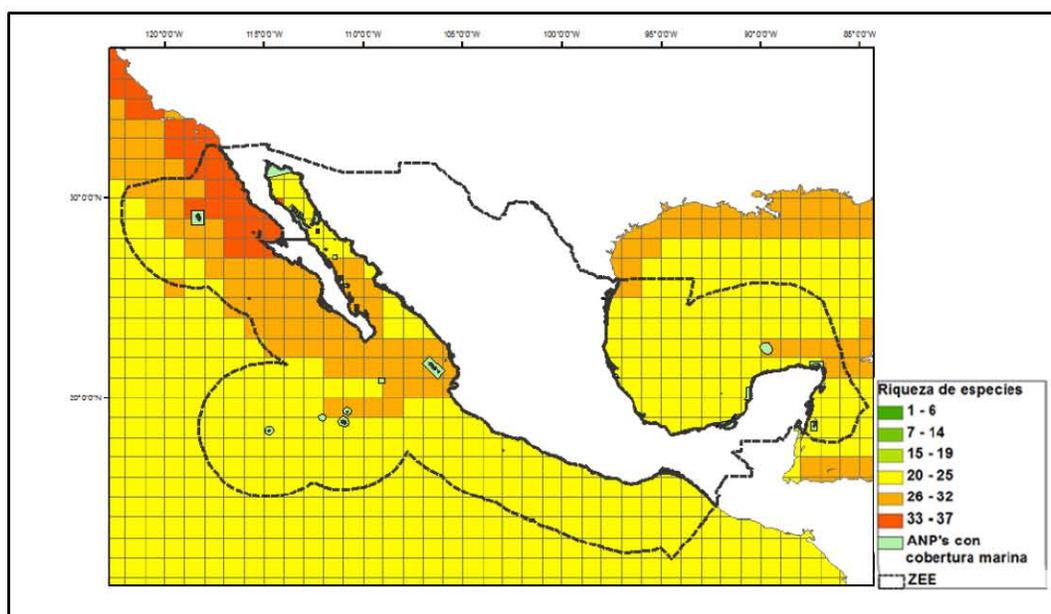
Tabla 6.23 *Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 2*

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

Fuente: ERM, 2016

6.3.6.2 *Ubicación y distribución de las especies registradas*

La zona que presenta la mayor riqueza de especies de mamíferos marinos es el Noreste del Pacífico Mexicano con un valor máximo de 36 especies, seguido por el Golfo de California con 31 especies, el Pacífico Tropical con 28 especies y finalmente el Golfo de México y Caribe mexicano con 27 especies (ver Figura 6.31).



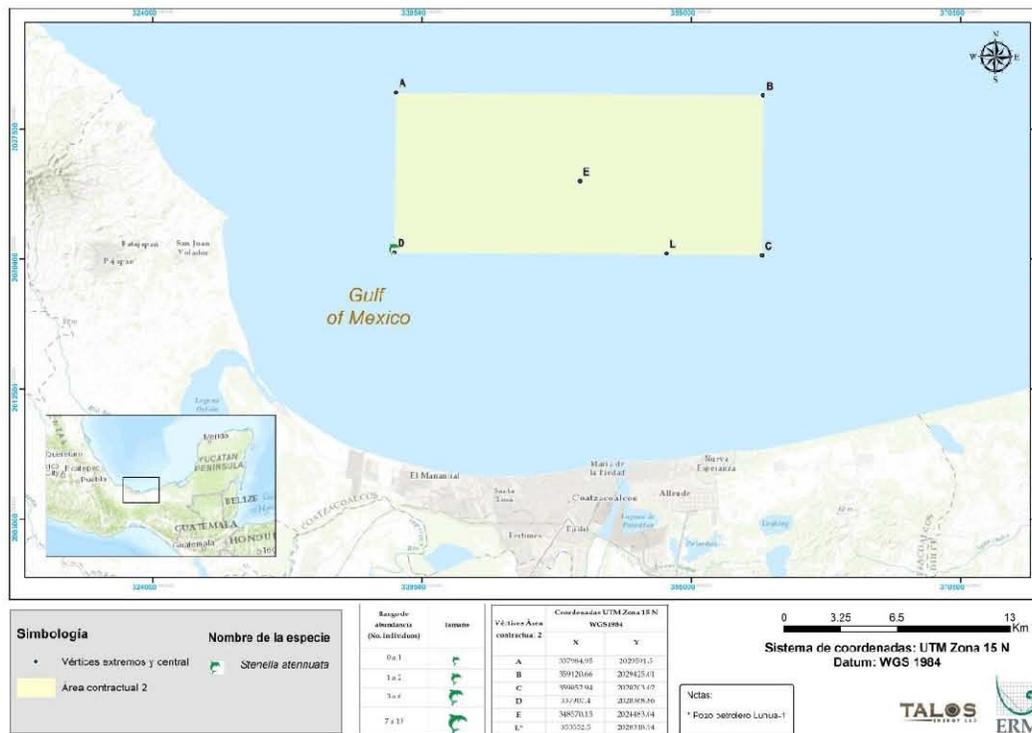
Fuente: Tomado de Würsig et al., 2000

Figura 6.31 Riqueza de mamíferos marinos en la Zona Económica Exclusiva de México

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

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

En cuanto a los resultados obtenidos en el crucero bio-oceanográfico se corrobora la presencia del “delfín pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) que fue encontrado aproximadamente a 6.5 mn de la costa. Mientras que, durante las observaciones fuera de sesión, se observaron 2 ejemplares de “tonina” (*Tursiops truncatus*) a 6 mn de distancia de costa y asociadas a las redes de pesca.



Fuente: Tomado de Würsing et al., 2000

Figura 6.32 Distribución de mamíferos registrados

6.3.6.3 Diversidad de especies registradas

México es uno de los países más diversos en especies de mamíferos en general (McNeely et al., 1990; Ceballos y Navarro, 1991; Ceballos y Brown, 1995) y de marinos en particular. Su riqueza de especies marinas es el resultado de la interrelación de varios factores como la posición geográfica, la variedad de ambientes marinos y costeros, la circulación general de las corrientes marinas, las variaciones espacio-temporales de estas corrientes y la historia geológica del país (De la Lanza, 1991 en Torres et al., 1995).

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

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



6.3.6.4 Categoría de conservación

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

En la lista de la UICN se incluye a 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 6.24 se muestra el estado de conservación nacional e internacional de las especies reportadas en el Área Contractual 2:

Tabla 6.24 *Categoría de Conservación de los Mamíferos Marinos registrados en en el Área Contractual 2*

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

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

Fuente: ERM, 2016

El esfuerzo de observación en el crucero bio-oceanográfico fue de 6 horas y 30 minutos. De los resultados obtenidos se puede concluir que la diversidad de mamíferos marinos en esta zona es baja.

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 2, se observaron las mismas condiciones mencionadas, lo cual reflejaría una menor presencia de predadores tope, aves y mamíferos marinos.

La distribución de las especies observadas estuvo relacionada en gran parte con las condiciones de visibilidad y la topografía del fondo marino. Respecto a la identificación de la “tonina” (*Tursiops truncatus*) registrada en el vértice más costero del Área Contractual 2, Baumgartner *et al.* (2001) argumentan que las toninas del ecotipo nerítico en el norte del Golfo de México se han observado sobre la plataforma continental hasta una profundidad de 150 m, en tanto que las de tipo oceánico se observaron a profundidades de más de 1,600 m. Por tanto, la tonina reportada cerca a la costa (aproximadamente 6 mn) podría corresponder al primer ecotipo mencionado.

6.3.7

Tortugas Marinas

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

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*) (en INE-SEMARNAT, 2004).

El 31 de enero de 2016, se realizó la evaluación de tortugas marinas en el Área Contractual 2. 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.



6.3.7.1 *Condiciones ambientales durante el crucero bio-oceanográfico*

El 31 de enero 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 favorables, registrándose valores entre 0 y 2 en escala Douglas. Por otro lado, las condiciones atmosféricas indicaban que el viento registró valores entre 0 y 2 en la escala de Beaufort. El cielo estaba despejado, siendo la nubosidad mínima, además sin presencia de lluvias durante el recorrido; por tanto, la visibilidad registrada fue aproximadamente de 3 a 5 millas náuticas.

6.3.7.2 *Composición y abundancia de las especies registradas*

Se recorrieron 46 mn, lo cual representó un esfuerzo de muestreo de aproximadamente seis horas y treinta minutos de observaciones continuas. Sin embargo, no se registró ningún individuo de tortugas marinas en el Área Contractual 2.

Las características de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México, su hábitat y su alimentación, las playas importantes de anidación, la temporada de anidación, el período de mayor anidación, el promedio de huevos por nido y el período de incubación se detallan en el Apéndice 6.22.

6.3.7.3 *Ubicación y distribución de las especies*

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

Cabe indicar que no hay ninguna zona prioritaria de anidación en las costas que se encuentran frente al Área Contractual 2.



Tabla 6.25 Tortugas que ocurren en el Golfo de México

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

Fuente: INE-SEMARNAT, 2004

Las tortugas marinas son especies neríticas, es decir que se les encuentra 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 6.33.



Fuente: Adaptado de CONANP, 2011

Figura 6.33 Distribución de la tortuga caguama *Caretta caretta* en México



6.3.7.4 *Diversidad de especies registradas*

Debido a la ausencia de individuos registrados en el Área Contractual 2 durante enero de 2016, la diversidad es cero. La ausencia de registros no implica la inexistencia de individuos de las especies señaladas anteriormente y estaría asociada a la estacionalidad, la baja oferta alimenticia y a las condiciones ambientales desfavorables para su avistamiento.

6.3.7.5 *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 6.26 se detalla el estado de conservación nacional e internacional para cada una de las especies que ocurren en el Golfo de México.

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

Especie	Nombre común	NOM-59	UICN	CITES	CMS	Endemismo
<i>Lepidochelys kempii</i>	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 ausencia de individuos durante la presente evaluación.

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 industriales y mineras en zonas altas de las diversas cuencas hidrográficas, son posibles causas de que diversos contaminantes puedan acumularse en el sedimento marino y registrarse en concentraciones con potencial de generar efectos biológicos potencialmente dañinos (bioacumulación, toxicidad, mortalidad, disminución de la biodiversidad, entre otros).

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

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



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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

6.4.2

Presencia de Hidrocarburos en el Sedimento Marino

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

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

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



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

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

6.4.2.1 *Niveles Guía de Referencia*

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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



suelo/sedimentos referentes a 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) y la Normativa de Referencia Holandesa (The New Dutch List) para suelo/sedimentos referentes a los valores meta holandesas y de intervención (2000).

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

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

De acuerdo con los resultados reportados por los laboratorios analíticos, se observa que las concentraciones de cobre registrados para las muestras de sedimento en todas las estaciones de muestreo sobrepasan el nivel de referencia TEL de la NOAA y CCME (ver Tabla 6.27); sin embargo, como se mencionó anteriormente, el nivel TEL hace referencia a que los efectos biológicos adversos ocurran en raras ocasiones y por lo tanto no se manifiesten como potencial amenaza a los organismos bentónicos. Asimismo, se puede observar que el valor más alto registrado en el área de evaluación corresponde a la estación codificada como B2-B, reportándose un valor de 58.8 mg/kg, lo cual es bastante menor al nivel PEL por encima del cual se esperaría la ocurrencia de efectos adversos con significativa frecuencia. Es probable que la concentración del cobre detectada y la presencia de valores significativos de hierro, zinc y manganeso en las muestras analizadas tengan origen terrígeno, con aporte significativo de los afluentes correspondientes a los ríos Coatzacoalcos y Tonalá.



Tabla 6.27 Análisis de concentración de metales en sedimentos

Muestra	CEQG		SQuiRTs		B2-Ased	B2-Bsed	B2-Csed	B2-Dsed	B2-Esed	B2-Lsed
Fecha de Muestreo	del CCME		de la NOAA		31/01/2016	30/01/2016	30/01/2016	31/01/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad	ISQG	PEL	TEL	PEL	37.8	41.6	33.4	32.2	36.2	36.5
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PARÁMETRO										
Metales										
Hierro	-	-	-	-	19,834.18	26,354.99	26,412.21	28,835.52	17,272.35	25,125.18
Zinc	-	-	124.00	271.00	21.75	42.23	45.76	47.06	27.38	41.13
Cadmio	0.70	4.20	0.68	4.21	1.23*	1.04*	0.98*	1.01*	0.96*	1.02*
Plomo	30.20	112.00	30.24	112.00	4.48*	6.84	7.51	9.00	4.56*	7.40
Cobre	18.70	108.00	18.70	108.00	38.07	58.80	38.96	16.30	21.68	38.01
Cromo VI*	52.30	160.00	52.30	160.00	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)
Mercurio	0.13	0.70	0.13	0.70	ND(0.083)	ND(0.083)	0.087	ND(0.083)	ND(0.083)	0.147
Níquel	-	-	15.90	42.80	16.41	18.43	19.75	22.20	20.90	18.22
Vanadio	-	-	-	-	31.97	27.57	45.08	39.68	26.93	33.01
Plata	-	-	0.73	1.77	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)	ND(2.00)
Bario	-	-	-	-	5.72	22.22	37.99	35.95	7.19	29.58
Litio	-	-	-	-	12.71	34.60	34.89	47.29	16.20	32.82
Manganeso	-	-	-	-	290.69	320.6	335.73	897.53	232.13	308.39
Molibdeno	-	-	-	-	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)	ND(2.50)
Selenio	-	-	-	-	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)	ND(10.00)
Estaño	-	-	0.05	-	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)	ND(5.00)

Notas:
 mg/kg = miligramos/kilogramo
 CEQG del CCME = Guía Canadiense de Calidad Ambiental publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente
 SQuiRTs de la NOAA = Tablas de Referencia Rápida publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos



ISQG = Guía Interina de Calidad de Sedimento

Marino

TEL = Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial)

PEL = Nivel de Efecto

Probable

ND = Indica parámetro no detectado en o por arriba de los límites de cuantificación del laboratorio (LC)

*Criterios para Cromo Total

* 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



Similar al caso del cobre, las concentraciones de níquel en todas las estaciones de muestreo sobrepasan los valores establecidos para el nivel de referencia TEL; sin embargo, en 4 de las 5 estaciones de muestreo, las concentraciones reportadas para este metal se encuentran más de un 50% por debajo del nivel de referencia PEL.

La única referencia probable sobre actividades de petróleo y su efecto sobre el sedimento del área de estudio, puede estar dado por la presencia de mercurio reportadas en las inmediaciones del pozo abandonado Luhua-1 codificado como estación B2-L, ya que la concentración registrada para este metal fue de 0.147 mg/kg. Este valor reportado supera el nivel de referencia TEL de la NOAA y CCME; sin embargo, está muy por debajo del establecido para PEL, con lo cual no representa mayor amenaza sobre el microhábitat circundante y las comunidades bentónicas asociadas al sedimento.

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

En lo que respecta al cadmio en el sedimento marino, si bien es cierto el límite de detección (2.00 mg/kg) no permite establecer una base comparativa con el nivel de referencia TEL; analizando los resultados de laboratorio e información adicional generada en la espectroscopia de absorción atómica para detectar la presencia de este metal por abajo del límite de cuantificación, permitió determinar que todas las estaciones de muestreo, presentaron concentraciones de cadmio en un rango de 0.96 a 1.23 mg/kg, lo cual está por encima del límite TEL pero por debajo del límite PEL de la NOAA; esto significaría que las concentraciones detectadas están en un rango dentro de los cuales se producen efectos adversos de manera ocasional.

Así como para el caso del cobre, probablemente la fuente principal de las concentraciones de cadmio reportadas en el Área Contractual tengan su origen en la descarga de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá. De acuerdo a Álvarez *et al.* (1986), Botello y Páez-Osuna (1986), las concentraciones de cadmio en sedimento se relacionan con las descargas de los ríos cercanos, las características sedimentológicas y contenido de materia orgánica en el sedimento, así como el vertido de residuos industriales.

El cadmio es un metal pesado que reacciona con grupos biológicos activos (carbósil, fenol, sulfhidril y otros). Larsson *et al.* (1981) señalan que el cadmio causa variados efectos subletales en peces teleósteos, como fracturas y deformidad vertebral, daños testiculares, desarrollo defectuoso de óvulos,



reducción del consumo de oxígeno por los tejidos branquiales, cambios patológicos en los tejidos renal e intestinal, efectos hematológicos y disturbios en el metabolismo de carbohidratos (Vera *et al.*, 2001).

De acuerdo a la revisión de estudios sobre efectos del cadmio en diferentes especies acuáticas realizada por Vera *et al.* (2001), se presentan en la Tabla 6.28, diferentes concentraciones efectivas (CE 50%) de cadmio para diferentes especies marinas y de aguas continentales, comparándose con los valores reportados para cadmio en agua marina del nivel de fondo (más próximo al sedimento) en el Área Contractual 2.

De acuerdo con los resultados de laboratorio, todos los valores reportados para cadmio en agua de mar del nivel de fondo correspondiente a los puntos de muestreo del Área Contractual 2, registraron concentraciones menores o iguales a 0.02 mg/L, lo cual es más bajo a la concentración efectiva (CE 50%) con la cual se reportan efectos negativos por toxicidad, como daños histopatológicos o mortalidad en las especies listadas en la tabla anterior.

6.4.4 *Resultados del Análisis de Hidrocarburos*

En la Tabla 6.28 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 6.28 Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas

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

Fuente: Vera *et al.*, 2001



Tabla 6.29 Análisis de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimentos

Muestra Fecha de Muestreo Profundidad Unidades	CEQG del CCME		SQuiRTs de la NOAA		Dutch Target mg/kg	B2-Ased	B2-Bsed	B2-Csed	B2-Dsed	B2-Esed	B2-Lsed
	ISQG	PEL	TEL	PEL		31/01/2016	30/01/2016	30/01/2016	31/01/2016	31/01/2016	31/01/2016
	mg/kg		mg/kg			37.8	41.6	33.4	32.2	36.2	36.5
	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)	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)	ND(0.133)
Benzo(b)fluoranteno	-	-	-	-	-	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	-	0.3800	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Dibenzo(a,h)antraceno	0.0062	0.1350	0.0062	0.1350	-	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
Indeno(1,2,3-cd)pireno	-	-	-	-	0.0310	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)	ND(0.133)
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)											



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

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

6.5. Áreas Sensibles

Las áreas sensibles en medio marino comprenden tanto ecosistemas frágiles (arrecifes coralinos) como áreas sujetas a protección especial (Áreas Naturales Protegidas y Regiones Marinas Prioritarias). También se toman en cuenta las rutas migratorias de aves y mamíferos marinos y aves que podrían cruzar el Área Contractual 2. Cabe recalcar que del Área Contractual 2 no se encuentra ubicada ninguna de estas áreas sensibles.

6.5.1.1 *Arrecifes coralinos*

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

Asimismo, actúan como barreras que disipan la energía de las corrientes creando ambientes de baja intensidad y de alta estabilidad que favorecen las funciones de



otros ambientes costeros críticos como los pastos marinos, las lagunas costeras y los manglares. Agréguese sus funciones como áreas de refugio, alimentación y crianza de numerosas especies que las habitan de un modo permanente, estacional u ocasional.

En las zonas circundantes al Área Contractual 2 no se ha reportado presencia de arrecifes de coral, tal como se observa en la Figura 6.34. Los arrecifes más cercanos se encuentran al norte del estado de Veracruz, siendo los principales:

Arrecife Lobos

El arrecife Lobos se a 63 km al norte del puerto de Tuxpan y a 10 km frente a las costas del municipio de Tamiahua en el estado de Veracruz (Castro-Aguirre y Márquez-Espinoza, 1981; Chávez *et al.*, 2007).

El arrecife Lobos es el más grande y el mejor desarrollado de todos los arrecifes frente a la región de Tuxpan. Tiene forma semilunar; su eje mayor, orientado en dirección norte-sur mide alrededor de 2.25 km, con una anchura máxima de 1.1 km. Por su forma, el arrecife sugiere que las corrientes dominantes y los Nortes ciclónicos han influido decisivamente en su desarrollo pues su máxima expresión se localiza hacia la porción sureste. Es un arrecife de plataforma, se eleva del fondo a unos 25 m aproximadamente. Tiene un cayo arenoso (isla Lobos), situado cerca del extremo sur que se eleva dos metros sobre la superficie del mar (Chávez *et al.*, 1970; Chávez *et al.*, 2007).

Arrecife Tuxpan

El arrecife Tuxpan forma parte del grupo de arrecifes ubicado al norte del estado de Veracruz. Tiene una estructura de origen coralino de tipo plataforma elipsoidal. Se localiza a 12 km al noreste de la desembocadura del río Tuxpan, entre los 21° 01' y 21° 03' de Latitud Norte y los 97° 12' de Longitud Oeste. Presenta un área de 1.4 km² con una llanura de 1,300 m de longitud máxima, 800 m de anchura máxima y una profundidad promedio de 1 m (González-Gándara y González-Sansón, 1997; Chávez *et al.*, 2007).

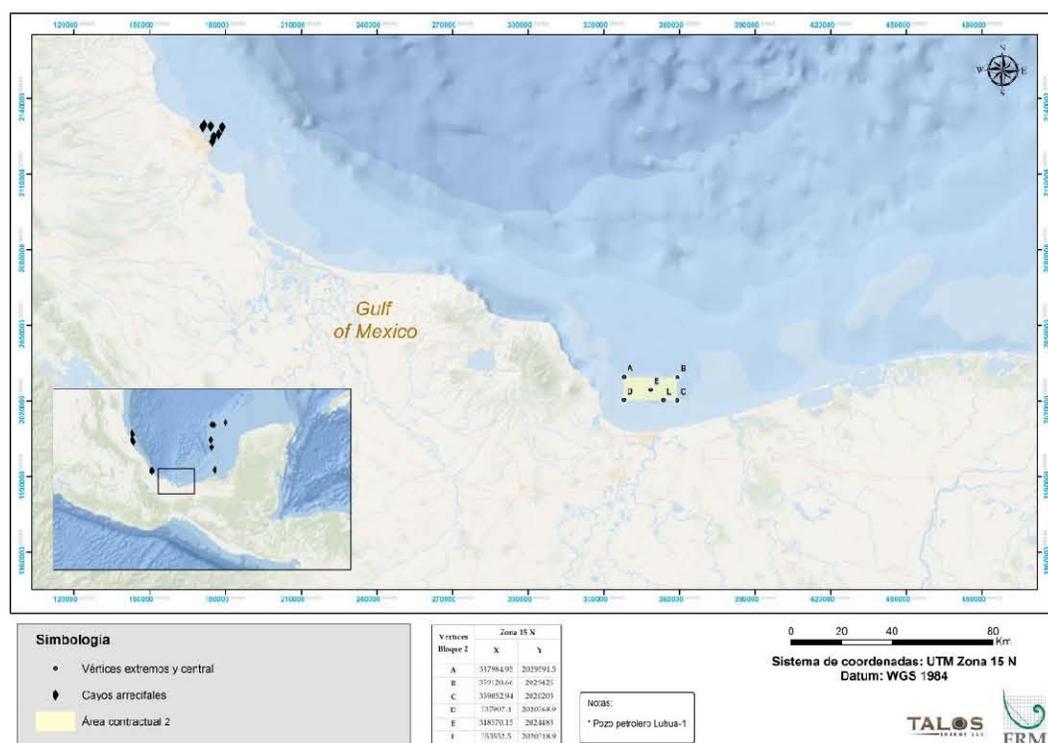
Sistema Arrecifal Veracruzano

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) está formado por bajos, islas y arrecifes situados en la porción central de la plataforma continental. Se encuentra delimitado por los ríos La Antigua al norte y Papaloapan al sur. La desembocadura del río Jamapa divide al sistema en dos áreas, una frente al puerto de Veracruz y otra frente al poblado de Antón Lizardo. Esto provoca que



las aguas circundantes sean turbias y poco transparentes (Gutiérrez *et al.*, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Chávez *et al.*, 2007).

Los arrecifes del SAV son de plataforma y presentan dos formas de desarrollo: una es alargada en sentido noroeste-sureste, y otra en semicírculo con la misma orientación. Se caracterizan por tener pendientes marcadas en barlovento y en sotavento (Gutiérrez *et al.*, 1993; Vargas-Hernández *et al.*, 1993; Horta-Puga y Carricart-Ganivet, 1993; Chávez, *et al.*, 2007).



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.34 Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 2.

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 2 se encuentra dentro de la RMP N° 52 "Delta del Río Coatzacoalcos", tal como se observa en la Figura 6.35. Esta RMP tiene una extensión total de 2,964 km² y se ubica entre las coordenadas 18°42' y 17°39'26" de Latitud Norte y -94°45' y 94°16'12" de Longitud Oeste. Posee un clima cálido húmedo con lluvias en verano y la temperatura media anual oscila entre los 22 y 26°C, siendo una zona de pantanos, ríos y lagunas. Asimismo, tiene los afluentes de los ríos Jaltepec y Uxpanapa.

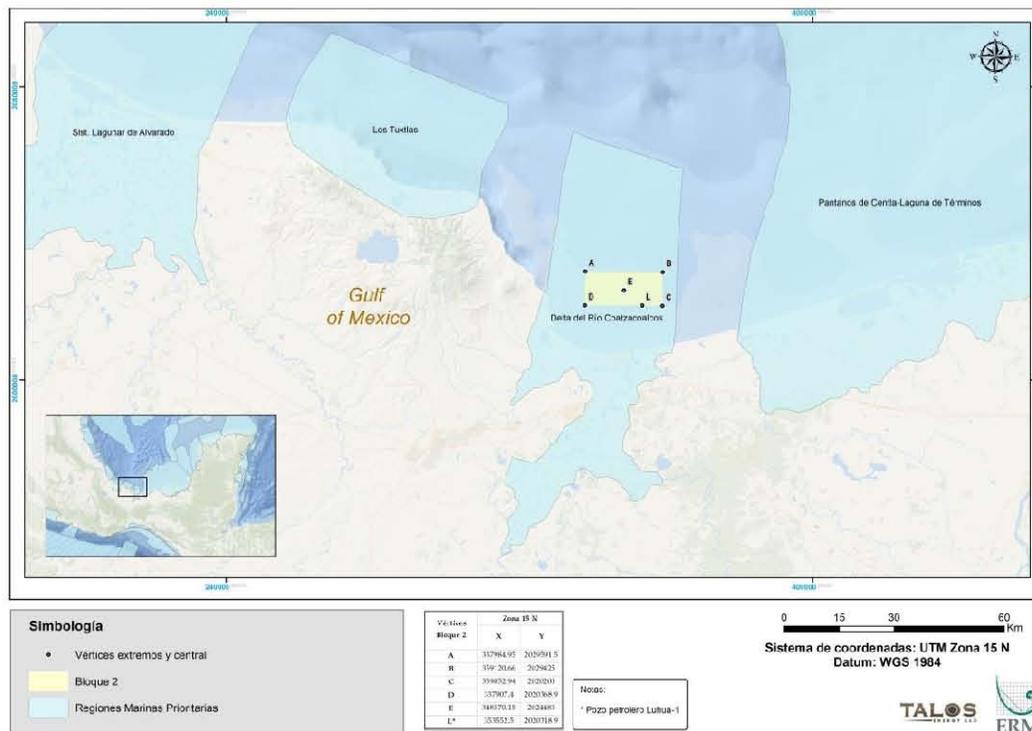


Figura 6.35 Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 2

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 2 se ubica precisamente dentro del sitio denominado “Cuenca Baja y Delta del Río Coatzacoalcos”, considerado como importante, tal como se muestra en la Figura 6.36.

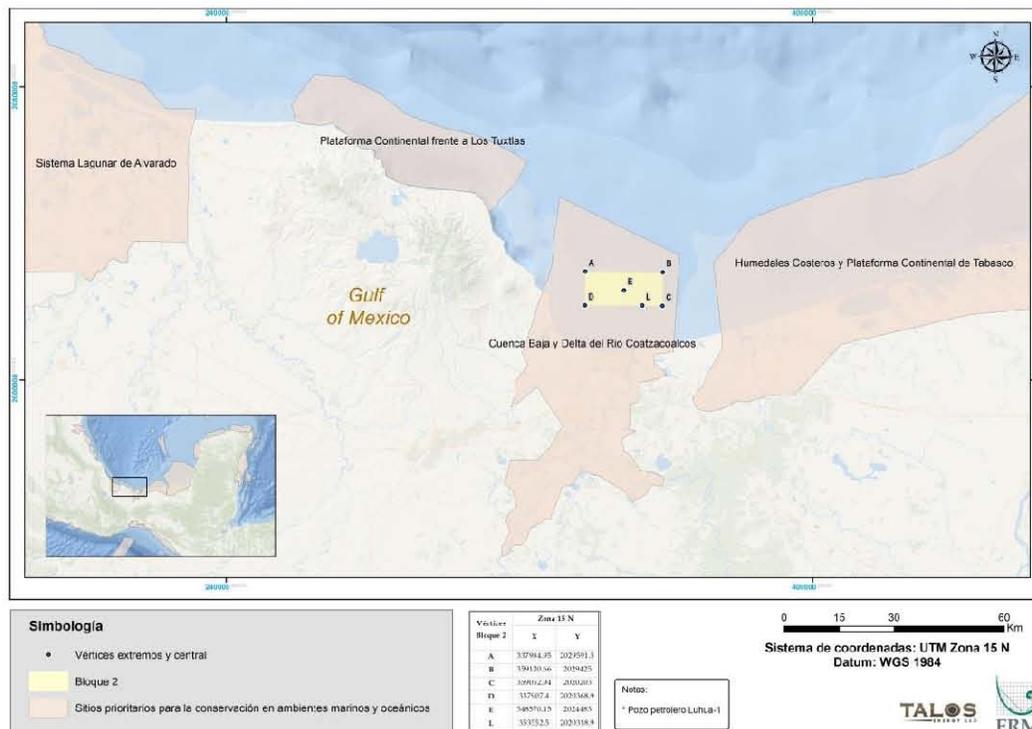


Figura 6.36 Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 2

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 2. 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 14 km del vértice A del Área Contractual 2 y a 15 km de su vértice D, tal como se observa en la Figura 6.37.

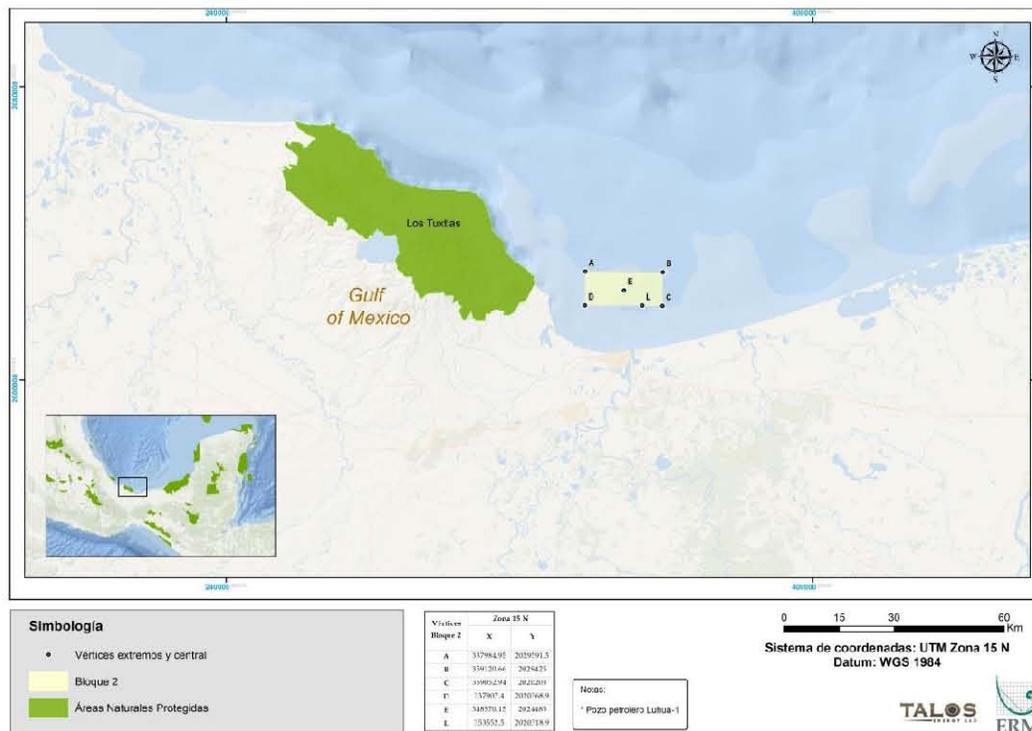
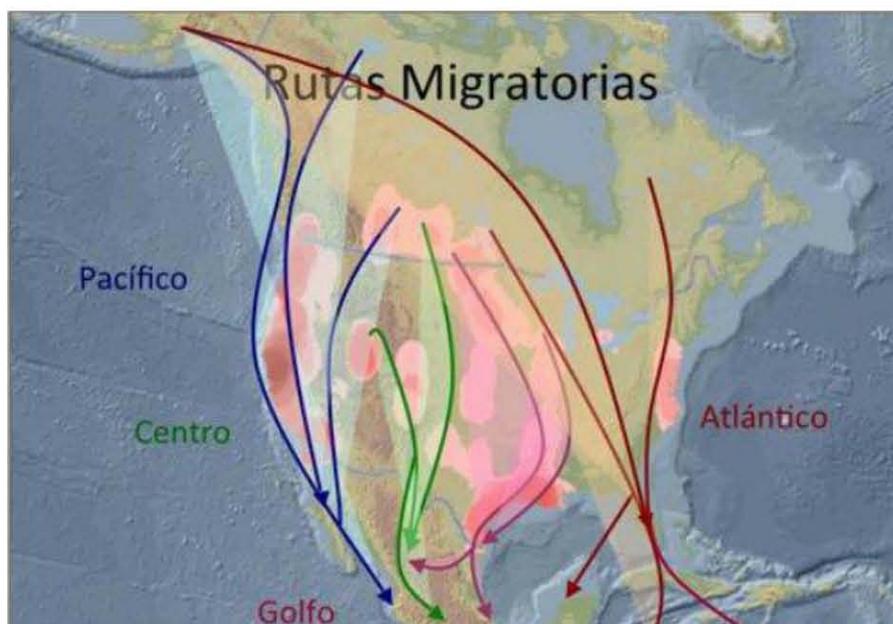


Figura 6.37 Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 2.

Rutas de migración de aves y mamíferos marinos

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

De manera general, en Norteamérica se reconocen cuatro rutas migratorias principales (ver Figura 6.38): la del Pacífico, la del Centro, la del Golfo y la del Atlántico (Berlanga y Rodríguez, 2010).



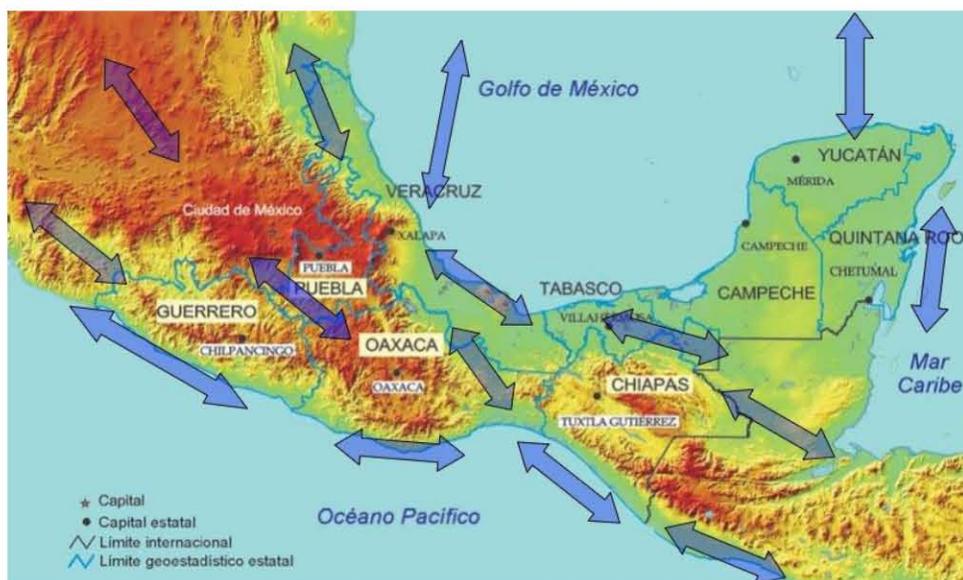
Fuente: Berlanga y Rodríguez, 2010

Figura 6.38 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 6.39). Esta región es llamada de manera general “Planicie Costera del Golfo” (Navarro y Benítez, 1995). En la migración de otoño (de Norte a Sur), las especies siguen el curso de esta ruta a través de los estados de Tamaulipas y Veracruz, y cruzan el Istmo de Tehuantepec hacia la planicie costera del Pacífico en el estado de Chiapas, antes de continuar su curso por Centroamérica (Bildstein y Zalles, 2001). La mayoría de las especies e individuos no migran a través de extensiones amplias de aguas abiertas como el Golfo (Kerlinger, 1989).

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

La lista de las especies de aves migratorias en la sección Suroeste del Golfo se adjunta en el Apéndice 6.22.



Fuente: Íñigo-Eliás 2006.

Figura 6.39 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 2.

6.6. Identificación de la Infraestructura Existente

6.6.1 Actividades Económicas

La pesca constituye la principal actividad económica que se desarrolla en el Área Contractual 2 y sus inmediaciones.

6.6.1.1 Pesca

Pesca industrial

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



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

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

Pesca artesanal

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

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

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

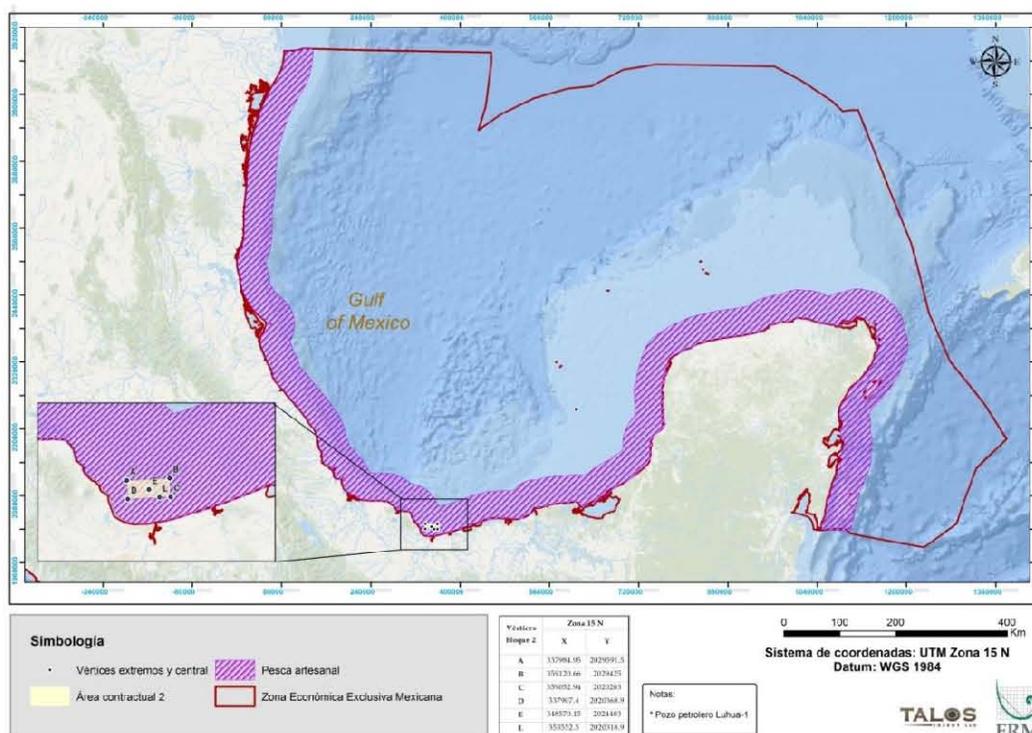
La pesca artesanal se limita únicamente al litoral y, por esa razón, guarda una estrecha relación con las operaciones ribereñas, que son las actividades de captura realizadas desde tierra o a bordo de embarcaciones menores y que se desarrollan en esteros, bahías, ríos, lagunas o áreas no muy alejadas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

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



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

Por lo general, la pesca ribereña se lleva a cabo en los primeros 50 km costa afuera, a lo largo del litoral del Golfo, tal como se muestra en la Figura 6.40.



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

Figura 6.40 *Distribución Espacial de Pesca Artesanal*

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

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

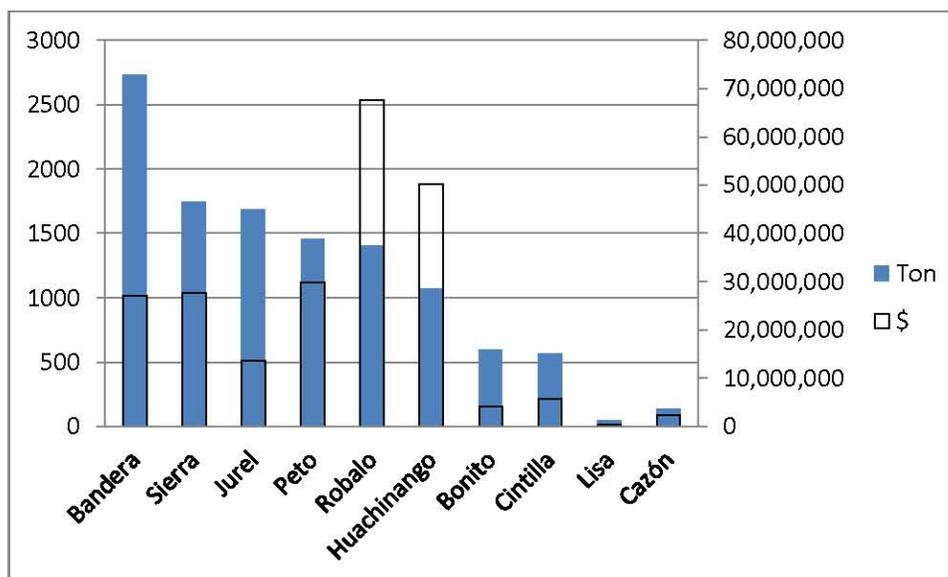


que va haciendo la cadena comercial más compleja. El pescador de cooperativa pone su captura a disposición de la cooperativa para su comercialización a través de mayoristas o detallistas.

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

Especies, zonas de captura y artes de pesca

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



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

Gráfica 6.36 Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial

En la Gráfica 6.36 se observa que la especie con mayores volúmenes de captura en la región de interés es la “bandera”; sin embargo, debido a su valor comercial el “robalo” representa un ingreso mucho mayor, seguido del huachinango. En la Tabla 6.30 se observan las características de la captura de las principales especies comerciales de peces.



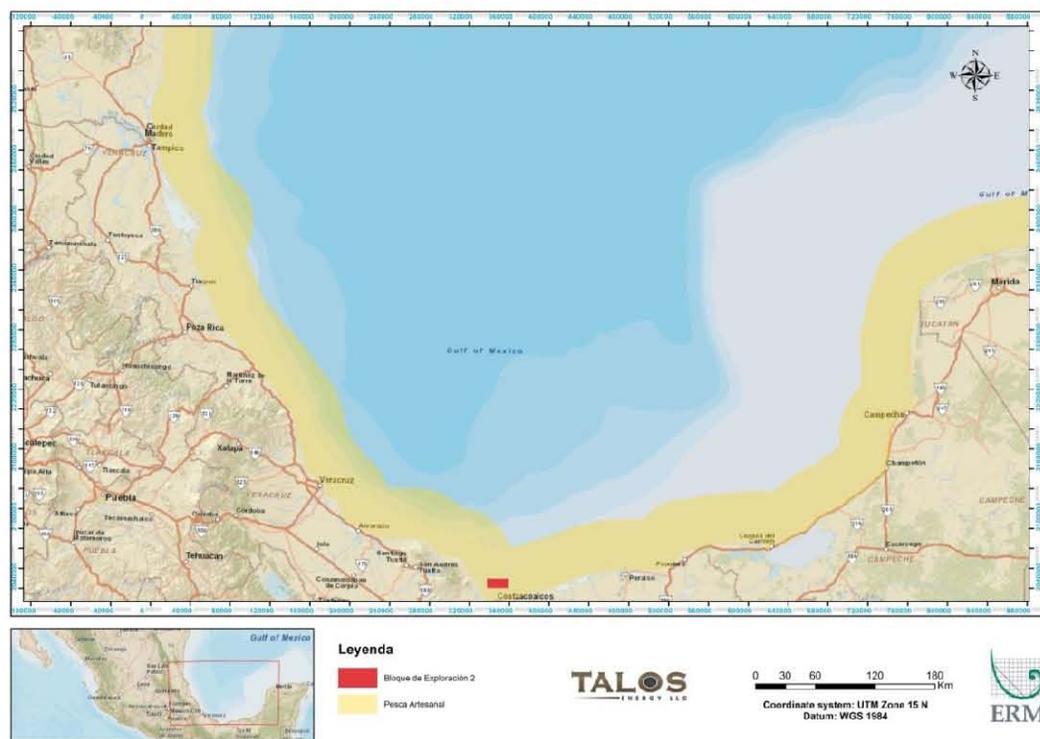
Tabla 6.30 Características de la captura de las principales especies comerciales de peces

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

DD: dato desconocido
AMS: aprovechamiento máximo sustentable
D: deterioro
AMP: aprovechamiento máximo permisible

Fuente: Carta Nacional de Pesca, 2012

Las especies mencionadas son capturadas en el Golfo por los pescadores de Coatzacoalcos, desde las costas de la localidad de Jicacal hasta los límites del río Tonalá en Tabasco, tal como se observa en la Figura 6.41.



Fuente: ERM, 2016

Figura 6.41 Zona de pesca cercana al Área Contractual 2

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 (ver Figura 6.42). Estas embarcaciones están provistas de un motor de 2 o 4 tiempos con potencias entre 40 y 75 Hp en su mayoría, con un material de casco de fibra de vidrio o policarbonato. Dichas embarcaciones cuentan con los dispositivos y medios de salvamento, navegación, comunicación y 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 6.42 Embarcaciones utilizadas para la pesca artesanal

Formas de asociación

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

Todas las formas de asociación se rigen por la Ley General de Sociedades Cooperativas⁶, excepto la SSS y la SP que se rigen por la Ley General de Sociedades de Solidaridad Social⁷ y la Ley Agraria⁸ respectivamente. No existe literatura que detalle las diferencias de cada forma de organización y las razones

⁶ Última reforma publicada en 2009.

⁷ Ley vigente publicada en 1976.

⁸ Última reforma publicada en 2012.



por las que cada figura fue creada. Sin embargo, la CONAPESCA sí mantiene un registro de la existencia de cada tipo (González-Macías, 2012).

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

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

Tabla 6.31 Formas de organización social y número de miembros por estado

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

Fuente: CONAPESCA, 2012.

El Estado que mayor cantidad de organizaciones tiene es Tabasco (483), seguido de Veracruz (453); por otro lado, dichas organizaciones albergan una mayor cantidad de miembros en Veracruz (26,408) y después en Tabasco (19,321).

De las 1,223 sociedades cooperativas en el litoral del Golfo y el Caribe, el 84% (1,026) practican la pesca ribereña y el 8% la pesca industrial. El 8% restante pertenece a sociedades cooperativas de actividad acuícola.

A pesar de que el estado de Veracruz es el que cuenta con el mayor número de asociaciones de pescadores, esto no necesariamente es proporcional a la cantidad de recurso pesquero capturado.

Formas de asociación en el Área Contractual 2

De acuerdo con lo que se reportó en campo, los pescadores que realizan faenas en el Área Contractual 2 pueden ser libres, trabajar para permisionarios o pertenecer a una sociedad cooperativa. Los permisionarios funcionan como pequeños empresarios mientras que las cooperativas son organizaciones comunitarias compuestas por socios que se reparten en partes iguales. Los permisionarios son dueños de las embarcaciones y contratan a su tripulación: tres pescadores y un patrón. Después de cubrir los gastos de traslado, alimentación, carnada y extras, los permisionarios se quedan con el 50% de la ganancia del día, el resto se reparte



entre la tripulación, con un porcentaje mayor para el patrón. En algunos casos, además de su paga normal, se les puede dar 3 pesos extra por kilo para asegurar que no vendan la pesca por fuera, esto depende de cada permisionario. Estos Los permisionarios se organizan en federaciones de permisionarios.

Por otro lado, las Sociedades Cooperativas se componen de socios que son dueños de sus propias embarcaciones y en las cuales a veces trabajan pescadores libres. Las ganancias se juntan y se reparten por partes iguales entre los socios, después de cubrir las cuotas de administración, transporte y venta. Las cooperativas también se agrupan en Federaciones.

Los permisionarios son los encargados del papeleo (permisos, reparaciones, trámites, venta, entre otros) de las embarcaciones. En las sociedades cooperativas cada quien se encarga de su papeleo por embarcación; sin embargo, como sociedades, pueden recibir apoyos de gobierno más fácilmente. En estos apoyos el gobierno pone 50% y la cooperativa 50%, ya sea para motores, redes, materiales, entre otros. Las Cooperativas reciben apoyos de gobierno a través de una credencial que emite la SAGARPA: el Registro Nacional de Pesca y Acuacultura. Se manejan con GPS y radios, las comunicaciones tienen que entrar y salir por la Capitanía de puerto.

En cuanto a las artes de pesca, utilizan palangre en su mayoría, aprovechando todo lo capturado: huachinango, cazón, tiburón o raya. Salen a pescar un día entero, se van 4 personas de tripulación. Mencionan que antes se pescaba en mayores cantidades pero con los años ha ido bajando la cantidad de pesca, tampoco existen medidas de mitigación para esta problemática. De acuerdo con los pescadores, la disminución en la cantidad de pesca obedecería a las plataformas y a los barcos de exploración petrolera. Su zona de pesca también se habría visto reducida debido a la misma razón. Otro problema para la pesca ha sido la fuga de hidrocarburos en los ductos. Conforme va disminuyendo la pesca, los pescadores alargan sus redes para poder cubrir un área mayor.

De acuerdo con la oficina de pesca de la SAGARPA, la gente que se dedica a la actividad pesquera en la región se ha triplicado en los últimos 30 años; asimismo, se ha reducido el tamaño de mallas, se utilizan artes de pesca no autorizadas, no se respetan las vedas y se pesca indiscriminadamente.

Vedas

La veda es el acto administrativo por el cual se prohíbe llevar a cabo la pesca en un periodo o zona específica, establecido mediante acuerdos o normas oficiales con el fin de resguardar los procesos de producción y reclutamiento por especie, lo anterior de acuerdo a la Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.



De acuerdo a lo anterior existen tres tipos de veda la cuales se describen a continuación:

- Veda permanente

Es aquella en la que no se puede aprovechar el recurso en ningún momento del año, de forma indefinida.

- Veda temporal fija

Es la que se encuentra establecida por un periodo definido fijo, el cual se repite anualmente.

- Veda temporal variable

Este tipo de prohibición se establece por un periodo definido, el cual se actualiza anualmente.

En la Tabla 6.32 se presenta información sobre las vedas de las principales especies comerciales capturadas en las inmediaciones del Área Contractual 2.

Tabla 6.32 *Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 2*

Nombre común	Especie	Tipo Veda	Zona	Periodo	Aplicación
Robalo	<i>Centropomus</i> sp.	Temporal fija	De la Barra de Chachalacas hasta la Barra de Tonalá	Del 1 de julio al 15 de agosto.	DAC
Lisa	<i>Mugil cephalus</i>	Temporal fija	Zona norte del estado de Veracruz.	Del 1 de diciembre al 31 de diciembre y del 1 de febrero al 28 de febrero.	FAC
FAC: fuera de la zona del Área Contractual 2 DAC: dentro de la zona del Área Contractual 2					

Fuente: SAGARPA, 2015

6.6.1.2 *Actividades recreativas*

El sector turístico en México es considerado como un sector de prioridad para el país ya que genera rendimientos económicos importantes, proporciona fuentes de empleo y fomenta el desarrollo regional. Es uno de los sectores que más contribuye al Producto Interno Bruto (PIB), con alrededor del 8.4% (El



Economista, 2014). Como parte del Programa Sectorial de Turismo del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (Gobierno de la República, s.f.), varios estados están invirtiendo en infraestructura y capacitación para impulsar el turismo y que este se convierta en una importante fuente de ingreso anual (El Universal, 2013).

Los principales períodos vacacionales en México son:

- Semana Santa (entre marzo y abril según el año);
- Vacaciones de verano (julio y agosto);
- Navidad (semana del 24 y 25 de diciembre); y,
- Año Nuevo (semana del primero de enero).

Durante estas fechas, los destinos turísticos, incluidos aquellos dentro del área de estudio, son visitados por turistas nacionales y extranjeros. En todos los Estados del litoral del Golfo y el Caribe se pueden practicar deportes acuáticos, ecoturismo, pesca, visitas a sitios arqueológicos, y observación y liberación de tortugas (la temporada de anidación es de abril a noviembre, estando todas las especies protegidas bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Secretaría de Gobernación, 2013).

Veracruz tiene una gran diversidad de sitios turísticos y actividades disponibles tales como el ecoturismo, visitas a zonas arqueológicas y balnearios.

Al ser destinos principalmente playeros, los estados del litoral del Golfo y el Caribe pueden verse afectados por la ocurrencia de huracanes. La temporada de huracanes abarca de junio a noviembre.

En Veracruz, los turistas suelen visitar los humedales de agua dulce; las zonas arqueológicas de Cuajilote, Paxil, Cempoala y El Tajín; los campamentos tortugeros y pueblos pesqueros de la costa. Algunas de las zonas turísticas más importantes incluyen: Costa Esmeralda (20 km de playa), el puerto de Veracruz, Boca del Río, Catemaco, Coatzacoalcos, Punta Antón Lizardo, Playa Escondida, Arroyo de Lisa, Playas de Cazones, Quiahuiztlán y Cempoala. Veracruz es un estado bien conectado dada la longitud y accesibilidad de sus carreteras. En el caso de Boca del Río, es un punto turístico muy importante por lo que la infraestructura ha crecido de manera acelerada. De acuerdo al Gobierno del Estado de Veracruz (2014), en el 2014 el turismo generó alrededor de mil millones de dólares con la llegada de 8.9 millones de turistas. Esto fue resultado de la expansión en la conectividad aérea y terrestre, la apertura de nuevos hoteles y la promoción turística. Las actividades con mayor derrama económica fueron el



Turismo de Aventura y Naturaleza, rubro en el cual se llevaron a cabo eventos de importancia a nivel nacional e internacional tales como la Sexta Carrera de Kayak Alseseca y la Carrera Panamericana y el Turismo de Reuniones, el cual atrajo a más de 130 mil asistentes.

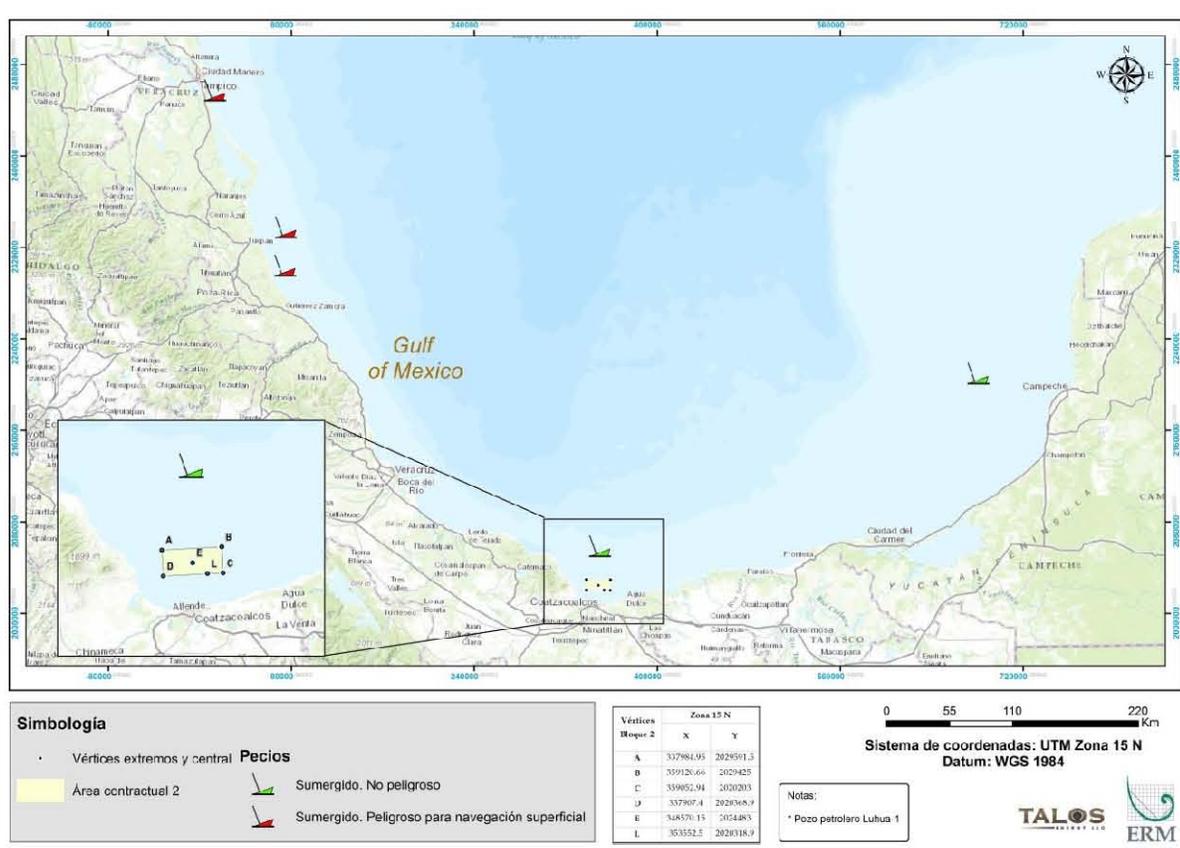
6.6.2 *Patrimonio Arqueológico*

La Subdirección de Arqueología Subacuática (SAS) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) es la autoridad designada para localizar, documentar e investigar los sitios arqueológicos e históricos sumergidos a lo largo del país. Estos sitios son de importancia económica para la región ya que representan una importante fuente de ingreso turística.

En Veracruz se encuentran vestigios de embarcaciones en el Arrecife Bajo Hornos y en el Área Natural Protegida Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano yacen elementos arqueológicos. Hasta el momento se conoce que Veracruz cuenta con un total de 8 sitios arqueológicos sumergidos (Milenio, 2014).

En la región del Golfo de México se han registrado 6 naufragios, uno de ellos en Coatzacoalcos. La mayoría de los naufragios en el Golfo no representan un riesgo para la navegación ya que están sumergidos.

En la Figura 6.43 se muestran los naufragios cercanos al Área Contractual 2.



Fuente: ERM, 2015. Con base en Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2016

Figura 6.43 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 2 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 2 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 2 varía entre los 33.2 y 42.6 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, turbidez y fluorescencia se puede mencionar que el Área Contractual 2 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), no se detectaron concentraciones por encima de los límites de cuantificación de los métodos analíticos. No se observaron películas oleosas durante la colecta de muestras de agua de mar.



Para evaluar la concentración de nutrientes se tomaron en cuenta los siguientes compuestos: amonio (NH_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), fosfatos (PO_4) y silicatos (Si). Se detectaron concentraciones de amonio en un rango de 0.03 a 0.29 mg/L, nitritos en un rango de 0.11 a 0.20 mg/L, nitratos en un rango 0.08 a 0.88 mg/L, y silicatos en un rango de 0.88 a 2.13 mg/L. Los niveles de concentración de fosfatos estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico. 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 2 se resume en la siguiente relación: $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Zn}$, Ba, Li, Va $>$ Ni $>$ Pb $>$ Hg.

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 9 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 “salteador robusto” (*Stercorarius pomarinus*). Cabe señalar la cercanía a la costa del Área Contractual 2 y, en especial, al Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA): los Humedales de Tuxpan (8.5 mn o 15.23 km), área que puede ser usada por algunas especies pelágicas de avifauna.

En cuanto a mamíferos marinos encontrados en la zona, del Área Contractual 2 se identificaron dos especies: “delfín manchado pantropical” o “delfín moteado” (*Stenella attenuata*) y la “tonina” o “delfín pico de botella” (*Tursiops truncatus*). La presencia de estos depredadores tope sería un indicador de buen acalidad 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, cobalto y vanadio en la columna de agua. De igual



manera, en sedimento se registraron concentraciones de cadmio, cobre, mercurio, níquel y plomo en concentraciones superiores al TEL; y de vanadio, bario, litio, manganeso y molibdeno. 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 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).

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. Adicionalmente, durante la revisión bibliográfica y la planeación de las actividades de campo, se obtuvieron registros de actividades de exploración sísmica en el área, lo cual tendría un efecto directo sobre la ubicación de cardúmenes y, por ende, del desplazamiento de la actividad pesquera.

Durante la evaluación de pesca embarcada exploratoria se registraron 6 especies de peces: "besugo" *Rhomboplites auronbens*, "chac-chí" *Haemulon aurolineatum*, "cojinuda" *Carangoides bartholomaei*, "pluma" *Calamus nodosus*, "rubia" *Ocyurus chrysurus* y "tigre" *Diplectrum formosum*, pertenecientes a 4 familias taxonómicas: Lutjanidae, Haemulidae, Sparidae y Serranidae.

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 2, 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 6.33.

La expresión de incidencia consiste en la suma ponderada de los códigos de cada atributo, considerando la siguiente expresión:



$$\text{Incidencia (I)} = \text{It} + \text{Ex} + \text{In} + \text{Ac} + \text{Si} + \text{Mo} + \text{Pe} + \text{Rg} + \text{Re} + \text{Rc} + \text{Co} + \text{Pr}$$

En la tabla siguiente se asigna el código (valor) a cada atributo de los daños ambientales:

Tabla 6.33 Determinación de códigos de atributos de daños ambientales

Atributo	Características de los atributos	Código
Signo del efecto	Benéfico	+
	Perjudicial	-
	Difícil de calificar sin estudiar	x
Intensidad (It)	Baja	1
	Media	2
	Alta	3
Extensión (Ex)	Puntual	1
	Parcial	2
	Extenso	3
Inmediatez (In)	Indirecto	1
	Directo	3
Acumulación (Ac)	Simple	1
	Acumulativo	3
Sinergia (Si)	Leve	1
	Media	2
	Fuerte	3
Momento (Mo)	Largo plazo	1
	Medio	2
	Corto	3
Persistencia (Pe)	Temporal	1
	Permanente	3
Regularidad (Rg)	Regular	1
	Predecible	2
	Impredecible	3
Reversibilidad (Re)	A corto plazo	1
	A medio plazo	2
	A largo plazo o no reversible	3
Recuperabilidad (Rc)	Fácil	1
	Media	2
	Difícil	3
Continuidad (Co)	Discontinuo	1
	Continuo	3
Periodicidad (Pr)	Irregular	1
	Periódico	3

Fuente: ASEA 2015.

Posterior a la valoración de los atributos se calcula el índice de incidencia, estandarizando la misma en un rango de 0 a 1, utilizando la siguiente expresión:



$$\text{Índice de Incidencia} = (I - I_{\text{mínima}}) / (I_{\text{máxima}} - I_{\text{mínima}})$$

Siendo:

I = El valor de la incidencia obtenido por un impacto o daño

$I_{\text{máxima}}$ = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestarán con el mayor valor.

$I_{\text{mínima}}$ = El valor de la expresión en el caso de que los atributos se manifestarán con el menor valor.

La evaluación de daños ambientales culmina con la asignación de categorías, de acuerdo a la significancia que estos representen para los factores ambientales, previos a la valoración cualitativa de cada atributo (ver Tabla 6.34).

Tabla 6.34 Categoría de significancia de daños ambientales

Categoría	Interpretación	Intervalo de valores	
No relevante	Alteraciones de muy bajo impacto a componentes y factores que no comprometen la integridad de los mismos.	Menor a	0.34
Moderadamente relevante	Se afectan componentes y factores sin poner en riesgo los procesos o estructuras de los ecosistemas de los que forman parte.	0.34	0.66
Relevante	Se pueden generar alteraciones en los componentes y factores que afectaron el funcionamiento o estructura de los ecosistemas.	Mayor a	0.66

Fuente: ASEA 2015.

Habiendo establecido lo anterior se construyó la matriz donde se presentan los resultados de la valorización de los impactos ambientales (ver Tabla 6.35). Cada daño esta relacionado a un código el cual fue construido utilizando las primeras letras de cada origen del daño, seguido por el componente al que afecta y factor; lo anterior con el fin de ubicarlo en la matriz y en la descripción.

Ejemplo:

Daño ambiental: **ACD** Disminución en la calidad del agua como consecuencia de la descarga de aguas continentales

A= Abiótico

C= Columna de agua

D= Descarga de aguas continentales



Tabla 6.35 Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 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
	Fitoplancton	FFP	Variaciones en la abundancia de poblaciones de fitoplancton por actividades petroleras	-	3	3	1	2	2	1	1	3	1	2	1	1	21	0.38	Moderadamente relevante
	Aves	FAP	Interferencia en la migración de las aves por infraestructura petrolera	-	1	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1	1	17	0.21	No relevante
	Pesca	PCP	Creación de zonas de restricción para la pesca	-	3	3	3	2	1	2	3	2	2	1	3	3	28	0.67	Relevante



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	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
	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
	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



Origen del daño	Factor	Código	Daño ambiental	(+/- /x)	Intensidad	Extensión	Inmediatez	Acumulación	Sinergia	Momento	Persistencia	Regularidad	Reversibilidad	Recuperabilidad	Continuidad	Periodicidad	Incidencia	Índice	Categoría
	Tortugas marinas	FTB	Mortalidad de tortugas marinas por ingesta de desechos marinos	-	2	1	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	20	0.33	No relevante
Sobreexplotación del recurso pesquero	Pesca	FNE	Variaciones en las poblaciones de ictiofauna por sobreexplotación del recurso pesquero	-	2	3	3	1	2	1	1	2	1	3	1	1	21	0.38	Moderadamente relevante

En los atributos presentados 3 es el valor máximo lo que representa una característica desfavorable y 1 es el valor mínimo siendo este lo menos desfavorable para cada atributo. La suma del conjunto de atributos corresponde a la Incidencia (I); posteriormente se obtiene el índice de incidencia el cual arroja un valor y con el cual se determina la categoría de significancia de los impactos ambientales evaluados. Las categorías son: no relevante (< a 0.33), moderadamente relevante (0.34- 0.66), relevante (> a 0.66).



6.8.3 Descripción de los daños ambientales

De acuerdo al origen, al daño y a la categoría del impacto se presenta a continuación la descripción de aquellos daños que resultaron con categoría Moderadamente Relevante y Relevante.

6.8.3.1 Daños ambientales originados por la descarga de aguas continentales al Golfo de México

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 Golapalpa- 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 6.36 se puede apreciar el contenido de estas descargas únicamente de la zona que desemboca al Golfo de México.

Tabla 6.36 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



Contaminante	Cantidad kg/d
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 (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 principales⁹, afectan la calidad del agua.

Durante esta evaluación ambiental, los valores de turbidez se encontraron en el rango de 0.32 a 2.16 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

⁹ PEMEX, "Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional" "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3"



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 realizados dentro del Área Contractual 2 se detectó la presencia de hierro, cobalto y vanadio. 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, 1995). Las afectaciones más severas se dan en la línea costera; y ya que este daño está 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 2) 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.



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 2 no se detectó la presencia de hidrocarburos. Con relación a metales únicamente se registró hierro en condiciones superiores al límite de cuantificación y al estándar de comparación. Sin embargo, fue posible observar evidencias de cobalto y vanadio por debajo de los límites de cuantificación, pero que sobrepasan los límites TEL. Esto evidencia claramente un impacto antrópico y posiblemente por parte de la industria petrolera, dada la naturaleza de los contaminantes. Este efecto es por tanto denominado 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 2 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 cobre excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial, TEL) establecidos en la CEQG del CCME en cinco de los seis puntos de muestreo, incluyendo el punto de muestreo adyacente al pozo Luhula-1; el níquel excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (TEL) establecidos en la SQuiRTs de la NOAA en los seis puntos de muestreo; y por último el mercurio excedió el Nivel de Efecto en el Umbral establecidos en la CEQG del CCME en una muestra del B2-Luhua-1. La dinámica de las corrientes marinas en esta región así como la remoción rápida y permanente de los contaminantes en el sedimento fueron aspectos considerados para la valorización de los atributos usados para este daño otorgándole la categoría de moderadamente relevante. Cabe señalar que de acuerdo a la modelación de corrientes realizada para esta línea base, se registró un comportamiento primordialmente redundante sin corrientes hacia la costa y con mayoría de periodos en el año donde las corrientes se encuentran en dirección hacia en 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 Coatzacoalcos 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 moderadamente 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 Coatzacoalcos 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 aturdan y cambien la dirección y velocidad de nado (Metzler, Rivas, Sealy, & Snyder, 2015); alteren la duración de la inmersión, el intervalo y la duración de las salidas a la superficie (Hatch, Ford, Wilcock, & Jessen, 2009). En el caso específico de los mamíferos marinos el ruido puede interferir su capacidad de escuchar o ser escuchados por otros individuos de la población. Esta interferencia puede repercutir en el proceso para identificar parejas potenciales, comunicar la presencia de fuentes de alimento o alertar sobre la presencia de depredadores (Metzler, Rivas, Sealy, & Snyder, 2015).

ZPA Restricciones a las zonas de pesca por proyectos sísmicos.

Actualmente se encuentran trabajando 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 Variaciones en la población por sobreexplotación del recurso pesquero.

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 2 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:

Tabla 6.37 *Componente ambiental por incidencia*

Componente Ambiental por incidencia	Actividades que afectan al componente ambiental
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 riverieños utilizaban para la captura de peces con valor comercial. La repercusión en el sector pesquero ha alcanzado un nivel alto especialmente en la economía del pescador debido a que los volúmenes de captura han bajado. Diversas sociedades cooperativas de la región así como permisionarios se han manifestado en contra de estas zonas de restricción logrando obtener apoyos económicos o en especie (vales de gasolina, embarcaciones y artes de pesca).



6.9. Registro y descripción de daños preexistentes (pasivos ambientales)

De acuerdo con el CONTRATO PARA LA EXPLORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS BAJO LA MODALIDAD DE PRODUCCIÓN COMPARTIDA, licitación CNH-R01-L01/2014, cláusula 3.4 artículos d) y f):

- (d) El Contratista deberá iniciar los estudios que permitan la identificación, caracterización y predicción de los pasivos ambientales mediante la contratación de un tercero acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación previa autorización de la CNH, con la finalidad de establecer la línea de base ambiental previo al inicio de las Actividades Petroleras. El Estado vigilará que el contratista o asignatario que estuviera a cargo del Área Contractual con anterioridad a la Fecha Efectiva asuma los gastos relacionados con la liquidación, limpieza y remediación de los pasivos ambientales preexistentes;
- (f) Al término de la Etapa de Transición de Arranque, el Contratista asumirá total responsabilidad sobre el Área Contractual y sobre los Pozos y Materiales que en ella se encuentren, salvo por aquellos pasivos que hayan sido identificados.

En cumplimiento a lo anterior, este capítulo presenta una descripción de la infraestructura preexistente en el Área Contractual 2 así como un análisis de las condiciones del agua y sedimento en base a las observaciones en campo y a los resultados de laboratorio con el fin de determinar si existe algún daño preexistente (pasivo ambiental).

6.9.1 *Infraestructura pre-existente*

Con base en la información proporcionada por la CNH a Talos, se conoce la existencia de un pozo perforado anteriormente por PEMEX en el Área Contractual 2. Este pozo se denomina Luhua-1 y se localiza en las siguientes coordenadas que se indican en la Tabla 6.38.

Tabla 6.38 Localización del pozo Luhua-1

Pozo	Coordenadas UTM (15Q)	
	X	Y
Luhua-1	353552.50	2020318.94



La investigación bibliográfica indica que el pozo Luhua-1 empezó a ser explorado en 2002 como parte del Proyecto Coatzacoalcos, sin embargo, se descubrió que era improductivo (La Jornada, 2003). Las condiciones de improductividad de los pozos se asocian normalmente con invasión de agua, pozos secos, pozos no comerciales y a cambios bruscos en la columna geológica.

Posteriormente el pozo Luhua-1 fue abandonado permanentemente, para lo cual se cortó la tubería de revestimiento ubicada a 6 m por debajo del suelo marino (Anexo 6.1).

A continuación se muestra el resumen de las operaciones de abandono realizadas por PEMEX:

1. Se bajó y cimentó una tubería de revestimiento de 9 5/8" hasta 1,996 m de profundidad.
2. Se perforó una tubería de revestimiento de 9 5/8" desde 1,917 hasta 1,930 m.
3. Se fijó un retenedor de cemento a 1,801 m y se forzaron 7.66 m³ de cemento por debajo del retenedor.
4. Se perforó una tubería de revestimiento de 9 5/8" de 676 a 679 m.
5. Se fijó un retenedor de cemento a 545 m y se forzaron 7.74 m³ de cemento por debajo del retenedor.
6. Se fijó un tapón superficial de cemento desde 203 hasta 300 m, bombeando 5.73 m³ de cemento y probado para 10 kips.
7. La tubería de revestimiento de 9 5/8" se cortó a 80 m por debajo de la mesa rotaria / 11 m por debajo del suelo marino.
8. Las tuberías de revestimiento de 13 3/8" y 20" se cortaron a 75 m por debajo de la mesa rotaria / 6 m por debajo del suelo marino.

En Anexo 6.1 correspondiente se muestra un diagrama con la configuración final del abandono de Luhua-1.

6.9.2

Información de las condiciones ambientales históricas

Información pública de la Manifestación de Impacto Ambiental elaborada por PEMEX¹⁰ para la extracción de hidrocarburos en diversos campos petroleros, entre ellos el Luhua-1, indica que se llevaron a cabo estrategias preventivas y se realizaron medidas de mitigación para evitar tener impactos significativos en el entorno marino (PEMEX).

¹⁰ PEMEX, "Manifestación De Impacto Ambiental, Modalidad Regional" "Proyecto Integral Crudo Ligero Marino Fase 3"



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 2) y zonas aledañas (lagunas costeras, estuarios y ríos), hay 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.

6.5.3 *Resultados de la presente evaluación ambiental*

Durante la campaña de muestreo realizada de 29 al 31 de enero de 2016, no se observaron evidencias visuales (manchas, grasa, etc.) ni olfativas de impacto por hidrocarburos en agua y sedimento marino en las áreas de muestreo.

Por otro lado, los resultados de los muestreos mostraron lo siguiente:

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:
 - Cobre: excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (amenaza no potencial, TEL) establecidos en la CEQG del CCME¹¹ en cinco de los seis puntos

¹¹ CEQG del CCME = Guía Canadiense de Calidad Ambiental publicadas por el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente



de muestreo, incluyendo el punto de muestreo adyacente al pozo Luhula 1, detectándose concentraciones entre 21.68 y 58.50 mg/kg (TEL= 18.70 mg/kg). La concentración más alta se detectó en el punto de muestreo B2-B ubicado hacia el noroeste del pozo Luhua-1.

- Níquel: excedió el Nivel de Efecto en el Umbral (TEL) establecidos en la SQuiRTs de la NOAA ¹² en los seis puntos de muestreo, detectándose concentraciones entre 16.41 y 22.20 mg/kg (TEL= 15.90 mg/kg), con la concentración más alta detectada en el punto de muestreo B2-B ubicado hacia el este del pozo Luhua 1.
- Mercurio: excedió el límite TEL establecido en la CEQG del CCME en el punto de muestreo B2-L con 0.147 mg/kg (TEL=0.13 mg/kg). También fue detectado en otros dos puntos de muestreo (B2-C y B2-D) pero por debajo de los criterios de comparación.
- Cadmio: todas las muestras presentaron concentraciones en un rango de 0.96 a 1.23 mg/kg, lo cual está por arriba del límite TEL (0.68 mg/kg) pero por debajo del límite PEL (4.21 mg/kg) establecidos en la NOAA.
- 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, Vanadio, Bario, Litio y Manganeseo.

Agua:

- 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:
 - Hierro: detecciones en cuatro muestras (B2-AF, B2-BM, B2-CF y B2-LF) en un rango de 0.084 a 0.141 mg/L, estos valores exceden el límite de exposición crónica de la NOAA.
 - Cobalto: detecciones en todas las muestras analizadas, en un rango de 0.010 a 0.012 mg/L, estos valores exceden el límite de exposición crónica de la NOAA.
 - Vanadio: detecciones en cinco muestras (B2-AF, B2-BF, B2-EM, B2-AS y B2-CS) en un rango de 0.027 a 0.028 mg/L, estas concentraciones están por debajo de los límites de comparación internacionales.

¹² SQuiRTs de la NOAA =Tablas de Referencia Rápida publicadas por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos.



- El resto de los metales no fueron detectados por encima del límite de cuantificación en las muestras de agua.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): la concentración de SST se detectó entre 46 y 188 mg/L a nivel superficial, 48 y 170 mg/L a nivel medio y entre 22 y 159 mg/L a nivel de fondo. No se identificó una tendencia específica entre los puntos de muestreo.
- Clorofila a se detectó en dos puntos de muestreo (B2-B y B2-C) a nivel de fondo (1.68 y 1.24 mg/L, respectivamente) 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.

6.9.3

Conclusión

De acuerdo con la información bibliográfica, el Área Contractual 2 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 del pozo Luhua-1.

Los resultados obtenidos en la campaña de muestreo de esta evaluación ambiental indican detecciones principalmente de metales por arriba de los criterios de comparación en sedimento en todos los puntos de muestreo y no exclusivamente en el punto de muestreo más cercano al pozo Luhua-1 (ver Tabla 6.39). 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, se concluye que no hay evidencia directa de impacto relacionado a las actividades de perforación o cierre del pozo Luhua-1 u otras actividades del operador precedente en el Área Contractual 2, por lo cual se descarta que éste haya provocado un pasivo ambiental.



Tabla 6.39 Resultados analíticos de sedimento

Muestra	CEQG del CCME		SQuiRTs de la NOAA		B2-Ased	B2-Bsed	B2-Csed	B2-Dsed	B2-Esed	B2-Lsed
Fecha de Muestreo	ISQG	PEL	TEL	PEL	31/01/2016	30/01/2016	30/01/2016	31/01/2016	31/01/2016	31/01/2016
Profundidad					37.8	41.6	33.4	32.2	36.2	36.5
Unidades	mg/kg		mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PARÁMETRO										
<i>Metales</i>										
Cobre	18.70	108.00	18.70	108.00	38.07	58.80	38.96	16.30	21.68	38.01
Mercurio	0.13	0.70	0.13	0.70	ND(0.083)	ND(0.083)	0.087	ND(0.083)	ND(0.083)	0.147
Níquel	-	-	15.90	42.80	16.41	18.43	19.75	22.20	20.90	18.22

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



7. Referencias

Acosta, L. 1976. Estudio de contaminación en el estuario del río Pánuco. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 157 pp.

Aguilar-Aguilar, R. and R. Contreras-Medina. 2003. La distribución de los mamíferos marinos de México: un enfoque panbiogeográfico. In *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*, J. Llorente-Bousquets and J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F. p. 213-219.

Aguilar-Castro, N.A. 2003. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California, 113 pp.

Alamo, V., Valdivieso, M. 1997. Lista sistemática de moluscos marinos del Perú. Segunda edición. IMARPE. Callao. Perú.

Álvarez, R.U. 1983. Distribución de metales pesados en sedimentos del río Blanco, Veracruz. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, 68 pp.

Álvarez, R.U., Rosales, H.L., Carranza, E.A. 1986. Heavy metals in blanco river sediments, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 13(2): 1-10.

American Ornithologists' Union (AOU). 1998. Check-list of North American birds. 7th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D. C. 829 p.

Aquino-Cruz, A., Hernández-Becerril, D.U., Signoret-Poillon, M., Salas-De-León, D.A., Monreal-Gómez, M.A. 2013. Studies on picophytoplankton in the southern Gulf of Mexico: recognition of picoprokaryotes and abundances of picophytoplankton during "dry season". *Brazilian Journal of Oceanography*, 61(4): 265-276.

Arriaga, L., Aguilar, V., Alcocer, J. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. CONABIO, México, D.F. Recuperado en diciembre de 2015, de CONABIO:
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/hidrologicas.html>

Arriaga, L., Vázquez, E., González, C., Jiménez, R., Muñoz, L., Aguilar, S. 1998. Regiones marinas prioritarias de México. Recuperado en diciembre de 2015, de CONABIO:



<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>

Arriola-Pizano, J.G. 2012. Estimación de la biomasa y composición del zooplancton en la región del cañón de Campeche. Tesis Maestría. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 68 pp.

ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1989. Decision guide for identifying substancespecific data needs related to toxicological profiles; Notice. Fed Regist 54(174): 37618-37634.

Ayala-Castañares, A. Gutiérrez-Estrada, M. 1990. Morfología y sedimentos superficiales de la plataforma continental frente a Tabasco y Campeche, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 17: 163-190.

Banse, K. & Hobson, K. 1974. Benthic errantiate polychaetes of British Columbia and Washington. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 185. Canada.

Barbosa-Ledesma, I.F., Solís-Marín, F.A., Laguarda-Figueras, A. 2000. New records for cidaroid echinoids (Echinodermata: Echinoidea) of the Gulf of Mexico, Mexico. Revista de Biología Tropical, 48(2-3): 721.

Barrera E.G. 2006. Toxicidad de cromo y cadmio en ostión *Crassostrea virginica* de la laguna de Mandinga, Veracruz. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, 229 pp.

Baumgartner, M. F.; K. D. Mullin, L. N. May and T. D. Leming. 2001. Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 99:219-239.

Berlanga, H., Rodríguez, V. 2010. Las aves migratorias: A prueba de muros. Iniciativa para la conservación de las aves de América del Norte. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.

Betanzos, A., Capetillo, N., & Lopeztegui, A. (2011). Variaciones de la turbidez en aguas marinas costeras de la región norcentral de Cuba. UNACAR Tecnociencia, 14- 26.

Biggs, D. C.; R. R. Leben and J. G. Ortega-Ortiz. 2000. Ship and satellite studies of mesoscale circulation and sperm whale habitats in the northeast Gulf of Mexico during Gulf Celt II. Gulf of Mexico Science 18:15-22.

Bildstein, K.L., Zalles, J. 2001. Raptor migration along the Mesoamerican land corridor, En: Bildstein, K.L., Klem Jr, D. (Eds.), Hawk watching in the Americas. Hawk Migration Association of North America, North Wales, Pensilvania, pp. 119-141.



Blanco CG, Prego R, Azpíroz MDG, Domínguez Fernández (2006) Caracterización de hidrocarburos en sedimentos de la Ría de Laxe y su relación con el vertido del Prestige (no de la Península Ibérica). *Ciencias Marinas*, Vol 32, Número 02B: pp 429-437.

Block, B.A., Dewar, H., Blackwell, S.B., Williams, T.D., Prince, E.D., Farwell, C.J. 2001. Migratory movements, depth preferences, and thermal biology of Atlantic bluefin tuna. *Science*, 293: 1310-1314.

Botello, A.V. 1996. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. pp. 203-210. En: Botello, A.V., Rojas-Galavis, J. L., Benítez, J. A., Zárate-Lomelí (Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. EPOMEX. Serie Científica 5. Universidad Autónoma de Campeche, México, 666 pp.

Botello, A.V., Páez-Osuna, F. 1986. El problema crucial: La contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos. Centro de Ecodesarrollo. Vol. I. México, 180 pp.

Botello, A.V., Ponce, V.G., Macko, S.A. 1996. Niveles de concentración de hidrocarburos en el Golfo de México, En: Botello, A.V., Rojas-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.

Bowie, A., Whitworth, D., Achterberg, E., Mantoura, R., Fauzi, C., Worsfold, P. 2002. Biogeochemistry of Fe and other trace elements (Al, Co, Ni) in the upper Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research I*, 49: 605-636.

Breit, G.N., Wanty, R.B. 1991. Vanadium accumulation in carbonaceous rocks: A review of geochemical controls during deposition and diagenesis. *Chemical Geology*, (91): 83-97.

Brown, J., Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., & Wright, J. (1989). *Seawater: its composition, properties and behaviour*. Oxford: The Open University.

Bryan, G.W., Hummerstone, L.G. 1978. Heavy metals in the burrowing bivalve *Scrobicularia plana* from contaminated and uncontaminated estuaries. *Journal Marine Biological Association, U.K.*, 58: 401-419.

Bryant, W.R., Lugo, J. Cordova, C., Salvador, A. 1991. Physiography and bathymetry: The geology of North America, Vol. J: Geological Society of America, *The geology of North America*, pp. 13-30.



Bullock, L.H., Smith, G.B. 1991. Seabasses (Pisces: Serranidae). Memoirs of the Hourglass Cruises. Part II (Vol. 3). St. Petersburg, Florida: Florida Marine Research Institute Department of Natural Resources.

Capel-Molina, J.J. 1980. La humedad relativa en los Estados Unidos Mexicanos. *Revista Paralelo*, 37(4): 175-190.

Carranza, A., Gutiérrez, E.M., Rodríguez, T.R. 1975. Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 2(1): 81-88.

Caso, M., Pisanty, I., & Ezcurra, E. (2004). *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*. Mexico: INE- SEMARNAT.

Caso, M.E. 1971. Contribución al conocimiento de los equinoideos de México. Estudio morfológico de *Brissopsis alta* Mortensen, erizo de profundidad. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México*, (1): 41-56.

Castro-Aguirre J.L., Márquez-Espinoza, A. 1981. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de la isla de Lobos y zonas Adyacentes. Veracruz-México. *Dirección General del Instituto Nacional de Pesca*, 22: 1-85.

Castro-Aguirre, J.L., Espinosa-Pérez, H.S., Schmitter-Soto, J.J. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. *Limusa, México*.

Cavaliere, E.L. Rogan, E.G., Murray, W.J., Ramakrishna, N.V. 1993. Mechanistic aspects of Benzo(a)pyrene metabolism. Supplement to vol. 3 of *The J. Polycyclic Aromatic Compounds*, pp. 397-404. In: *Polycyclic Aromatic Compounds, Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological Effects, Proceedings of the 13th International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons*. Garrigues, P., Lamote, M. (Eds.). Gordon & Breach Science Publishers, Bordeaux, France, 1264 pp.

Chase, B.C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fishery Bulletin*, 100: 168-180.

Chávez E.A., J.W. Tunnell Jr., K. Withers. 2007. Reef Zonation and Ecology: Veracruz Shelf and Campeche Bank. Cap. 5, pp. 41-67. In: Tunnell Jr. J.W., E.A. Chávez & K. Withers (Ed.). *Coral Reef of the Southern Gulf of Mexico*. Texas A&M University Press College Station, 194 pp.

Chávez, E., Hidalgo, E., Sevilla, M.L. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del Arrecife de Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 211-280.



Chirichigno, N. 1980. Lista de crustáceos del Perú (decapada y stomatopoda). IMARPE, informe No. 35. Callao. Perú.

CICESE, 2015. Programa MAR V1.0. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Accedido: 21 de febrero de 2016. Obtenido de: < <https://hycom.org/data/goml0pt04/expt-20pt1>>.

Cifuentes, J. L., Torres- García, P., & Frías, M. (2015). El océano y sus recursos III. Las Ciencias del Mar: Oceanografía Física, Matemáticas e Ingeniería. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/17/htm/oceano.htm>

CINVESTAV. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. 2000. Reporte del proyecto Evaluación Prospectiva para el Programa de Monitoreo Continuo del Efecto Ambiental de la Actividad Petrolera en el Golfo de México- Quinta Campaña Oceanográfica XCAMBO-1, CINVESTAV, Depto. de Recursos del Mar, Unidad Mérida.

COFEPRIS – Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. 2014. Marea roja: Antecedentes en México. <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Marea%20Roja/AntecedentesMexico.aspx>

Collins, A.B. 2009. Preliminary assessment of the abundance and size distribution of Goliath Grouper *Epinephelus itajara* within a defined region of the Central Eastern Gulf of Mexico. Guadeloupe, French West Indies: Proceedings of the 61st Gulf and Caribbean Fisheries Institute.

Comisión Nacional de Area Naturales Protegidas. 2011. Programa de Acción para la Conservación de la Especie: tortuga caguama, *Caretta caretta*. Dirección General de Operación Regional Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación Programa Nacional de Conservación de Tortugas Marinas. México.

Comisión Nacional de Area Naturales Protegidas. 2013. http://www.conanp.gob.mx/difusion/comunicado.php?id_subcontenido=411.

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

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.

D.O.F. 2000. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Reformada LGEEPA. Diario Oficial de la Federación. Publicado el 7 de enero de 2000, México, D.F.

Davis, R. W.; J. G. Ortega-Ortiz, C. A. Ribic, W. E. Evans, D. C. Biggs, P. H. Ressler, R. B. Cady, R. R. Leben, K. D. Mullin and B. Würsig. 2002. Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 49:121-142.

De la Lanza Espino, G., Gómez Rojas, J.C. 2004. Características Físicas y Químicas del Golfo de México, En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México, D.F., pp. 103-132.



Díaz Flores, R. (1998). Estudio de la influencia de algunos contaminantes en el fitoplancton de la region de plataformas petroleras del sur del Golfo de Mexico, frente a la sonda de Campeche y Tabasco . México: UNAM.

Díaz, R., & Rosenberg, R. (1995). Marine Benthic Hypoxia: a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanic and marine biology*, 33, 245- 303.

Díaz, R., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926- 929.

Duck Unlimited Mexico - DUMAC. 2008. Estrategia para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de las Aves Acuáticas y su Hábitat en México.

DUMAC. Ducks Unlimited de México. 1990. Áreas Lacustres de México. Plan Maestro Año 2000. DUMAC, 12(1): 4-12.

Eayrs, S. (2007). FAO. Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Guía para reducir la captura de fauna incidental (bycatch) en las pesquerías por arrastre de camarón tropical: <http://www.fao.org/docrep/015/a1008s/a1008s.pdf>

Elias, R.; Bremec, C. S. y Vallarino, E. A. Polychaetes from a southwestern shallow shelf Atlantic area (Argentina, 38 S) affected by sewage discharge. *Rev. chil. hist. nat.*, set. 2001, vol.74, no.3, p.523-531.

Elliott, B.A. 1982. Anticyclonic rings in the Gulf of Mexico. *Journal of Physical Oceanography*, 12: 1292-1309. American Meteorological Society. Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.

Emerson, S.E., Husted, S.S. 1991. Ocean anoxia and the concentrations of molybdenum and vanadium in seawater. *Marine Chemistry*, (34): 177-196.

EPA. (25 de Enero de 2016). National Recommended Water Quality Criteria . Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Aquatic Life Criteria Table: <http://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>

EPA. (7 de Agosto de 2001). National Recommended Water Quality Criteria . Recuperado el 25 de Febrero de 2016, de Appendix 2: Summary of water Quality Guidelines for Turbidity, Suspended and Benthic Sediments : <http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/sediment-appendix2.pdf>



Escobar-Briones, E. 2004. Estado del conocimiento de las comunidades bénticas en el Golfo de México. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra E. Diagnóstico ambiental del Golfo de México, pp. 201-246.

Espina, S., Vanegas, C. 2005. Ecotoxicología y contaminación, En: Botello, A.V., Rendón-von Osten, J., Gold-Bouchot, G., Agraz-Hernández, C. (Eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, segunda Ed. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, pp. 79-120.

Esslemont, G. 2000. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville section, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland. *Marine Chemistry*, 71(3-4): 215-231.

FAO. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1977. FAO species identification sheets, fishing area 31 (W. Cent. Atlantic), Roma, FAO.

Fassbender, H., Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica, 420 pp.

Fauchald, K. 1977. The Polychaete Worms, definitions and keys to the orders, familias and genera. Natural History Museum of Los Angeles County. Science series 28.

Fishbase. (s.f.). Fishbase. Recuperado de www.fishbase.org

Flores-Coto, C., Sanvicente-Añorve, L., Pineda-López, R., Rodríguez-van Lier, M.A. 1988. Composición, distribución y abundancia ictioplanctónica en el sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*, 5(9): 65-84.

Frías-Torres, S. 2006. Habitat use of juvenile goliath grouper *Epinephelus itajara* in the Florida Keys, USA, *Endangered Species Research*, 2: 1-6.

Froelich, N.P., Atwood, K.D., Giese, G.S. 1978. Influence of Amazon River discharge on surface salinity and dissolved silicate concentration in the Caribbean. *Deep Sea Research*, 25: 735-744.

García- Cuéllar, J. Á., Arreguín- Sánchez, F., Hernández, S., & Lluch- Cota, D. (2004). Impacto ecológico de la industria petrolera en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividades: una revisión. *Interciencia*, 29, 311- 19.

García, C.J.A. 2006. Análisis del impacto de la industria petrolera en el ecosistema y su relación con las pesquerías de la sonda de Campeche. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México, 134 pp.



García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2Ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 146 pp.

García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

García, N., J.A. 1988. Determinar la composición de la 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-Sanchez Francisco, Hernández Vázquez Sergio y Lluch-Cota Daniel B. (2004) Impacto Ecológico de la industria petrolera en la Sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. INTERCIENCIA, Vol 29; N° 6.

Garduño, E. 2012. Estudio químico de sedimentos costeros adyacentes a la desembocadura del río Papaloapan, Veracruz, México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 130 pp.

GES DISC. Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center. 2003. NASA. USA. Recuperado en diciembre de 2015, de: <http://daac.gsfc.nasa.gov/>

Gold Bouchot Gerardo (2004) Hidrocarburos en el sur del Golfo de México. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, Vol 2: pp. 655-680.

Gold-Bouchot, G., Simá-Alvarez, R., Zapata-Pérez, O., Guemez-Ricalde, J. 1995. Histopathological effects of petroleum hydrocarbons and heavy metals on the American Oyster (*Crassostrea virginica*) from Tabasco, Mexico. Marine Pollution Bulletin, 31(4-42): 439-445.

Gold-Bouchot, G., Zavala-Coral, M., Zapata-Pérez, O., Ceja-Moreno, V. 1997. Hydrocarbon Concentrations in Oysters (*Crassostrea virginica*) and Recent Sediments from Three Coastal Lagoons in Tabasco, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 59: 430-437.

Gómez, V.A., Ramírez, M.F., Ochoa, E. 1995. Aspectos biológicos y ecológicos de la "almeja plana" *Isognomon alatus* (Gmelin) de la laguna de La



Mancha, Veracruz, México. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Zoología, Morelia, Michoacán, 44 pp.

González-Medina, E. Jose A. Castillo-Guerrero, & Erick Mellink. 2009. Relación entre las características de los huevos y del sitio de anidación, con el éxito reproductivo de la gaviota reidora (*Leucophaeus atricilla*) en la isla el rancho, sinaloa durante la temporada 2007. *Ornitología Neotropical* 20: 553-564, 2009. © The Neotropical Ornithological Society

González-Gándara, C., González-Sansón, G. 1997. Composición y abundancia de la Ictiofauna del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista de Investigación Marina*, 18(3): 249-258.

González-Garza, B.I., Cuevas, E., Guzmán-Hernández, V., González-Díaz-Mirón, R., Abreu-Grobois, A., van Dam, R., Garduño-Andrade, M. 2008. Movimientos migratorios de tortugas adultas y juveniles de Carey (*Eretmochelys imbricata*) en el Golfo y Caribe Mexicano. En: Guzmán, V., Cuevas, F.E., Abreu-G., F.A., González-G., B., García, A.P., Huerta, R.P. (Compiladores). Resultados de la reunión del grupo de trabajo de la tortuga de carey en el Atlántico mexicano. Memorias. CONANP/EPC/ APFFLT /PNCTM/, 244 pp.

González-Lozano María Cristina, Méndez-Rodríguez Lía C., López-Veneroni Diego G. y Vázquez-Botello Alfonso (2006) Evaluación de la contaminación en sedimentos del área portuaria y zona costera de Salina Cruz, Oaxaca, México.

Graham, R.T., Rhodes, K.L., Castellanos, D. 2009. Characterization of the goliath grouper *Epinephelus itajara* fishery of southern Belize for conservation planning. *Endangered Species Research*, 7: 195-204.

Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1997a. The polychaetous annelids from oil platforms areas in the southeastern Gulf of Mexico: Phyllodocidae, Glyceridae, Goniadidae, Hesionidae y Pilargidae, with description of *Ophioglycera lyra*, a new species, and comments on *Goniada distorta* Moore and *Scoloplos texana* Maciolek & Holland. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 110(3): 457-470.

Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1997b. The polychaetous annelids of the oil platform areas from the southeastern Gulf of Mexico: Orbiniidae and Cossuridae. *Bulletin of Marine Science*, 61(3): 549-557.

Granados-Barba, A., Solís-Weiss, V. 1998. Les Spionidae (Annélides, Polychètes) de la zone des puits pétroliers de la région méridionale du Golfe du Mexique. *Vie Milieu*, 48(2): 111-119.

Grimmer, G., Heinrich, U., Jacob, J., Dettbarn, G., Naujack. 1993. Differences in the phenanthrene metabolism of tumor-free and tumor-bearing



rats. Supplement to Vol. 3 of The J. Polycyclic Aromatic Compounds. pp. 397-404. In: Polycyclic Aromatic Compounds, Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological Effects. Proceedings of the 13th International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Garrigues, P., Lamote, M. (Eds.). Gordon y Breach Sciences Publishers. Bordeaux, France, 1264 pp.

Guerra-García, J. M. y Thiel, M. La fauna de caprélidos (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) de la costa de Coquimbo, centro-norte de Chile, con una clave taxonómica para la identificación de las especies. Rev. chil. hist. nat., dic. 2001, vol.74, no.4, p.873-883.

Guerrero Hernández, J. (2014). Atención de derrames de petróleo crudo en el Golfo de México. México: UNAM.

Gutiérrez, D., García-Sáez, C., Lara, M., Padilla, C. 1993. Comparación de Arrecifes Coralinos: Veracruz y Quintana Roo. En: Salazar-Vallejo S.I., González, N.E. (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, pp. 787-806.

Guzmán, N. Saá, S. & Ortlieb, L. 1998. Catálogo descriptivo de los moluscos litorales (Gastropoda y Pelecypoda) de la zona de Antofagasta, 23° S (Chile). Estudios Oceanológicos 17:17-86.

Guzmán, V., Cuevas-Flores, E., Abreu-Grobois, A., González-Garza, B., García-Alvarado, P., Huerta-Rodríguez, R. (Comp.). 2008. Resultados de la reunión del grupo de trabajo de la tortuga de carey en el Atlántico mexicano. Memorias. CONANP, EPC, APFFLT, PNCTM, 244 pp.

Hall, S.J., Basford, D.J., Robertson, M.R. 1990. The impact of hydraulic dredging for razor clams (*Ensis* sp.) on an infaunal community. Netherlands Journal of Sea Research, (27): 119-125.

Hardy, J.D. 1978. Development of fishes of the Mid-Atlantic Bight. Three Volumes. U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services.

Hatch, L., Ford, J., Wilcock, W., & Jessen, S. (2009). Estudios sísmicos y AMPs: ¿cómo deben abordar los administradores la cuestión del ruido subacuático? Noticias Internacionales y Análisis sobre Áreas Marinas Protegidas, II(3), 1-7.

Heemstra, P.C., Randall, J.E. 1993. Species catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fishers Synopsis (Vol. 16), Roma, FAO.



Hernández, C.E., G. Muñoz & N. Rozbaczylo. 2001. Poliquetos asociados con *Austromegabalanus psittacus* (Molina, 1782) (Crustacea: Cirripedia) en Península Gualpén, Chile central: Biodiversidad y efecto del tamaño del sustrato biológico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 36(1): 99-108.

Hernández, R. (2010). Identificación de los elementos que determinen la factibilidad de proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos desde el punto de vista ambiental. Mexico: CNH.

Hernández-Becerril, D.U., García-Reséndiz, J.A., Salas-de León, D.A., Monreal-Gómez, M.A., Signoret-Poillon, M., y Aldeco-Ramírez, J. 2008. Fracción de nanoplancton en la estructura del fitoplancton en el sur del Golfo de México. *Ciencias marinas*, 34(1): 77-90.

Hernández-Vázquez S, Rodríguez-Estrella R, Valadez-González & Rojo-Vázquez JA. 2012. Abundancia, distribución y reproducción de aves marinas costeras de Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Conservación* 2(2)-3(1): 8-18.

Hobson, K. and Banse, K. 1981. Sedentariate and archiannelid polychaetes of British Columbia and Washington. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 209. Canada.

Hoff, R., Hensel, P., Proffitt, E., Delgado, P., Shigenaka, G., Yender, R., Mearns, A.J. 2002. Oil Spills in mangroves. Planning & Response Considerations. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). USA. Technical Report, 69 pp.

Horta-Puga, G., Carricart-Ganivet, J.P. 1993. Corales pétreos recientes (Milleporina, Stylasterina y Scleractinia) de México. En: Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E. (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México, pp. 64-78.

HYCOM, 2016. HYCOM. Consortium for Data Assimilative Modeling. Accedido: 19 de febrero de 2016. Obtenido de: <
<https://hycom.org/data/goml0pt04/expt-20pt1>> .

IMTA. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2015. Boletín Oleaje: 04 de diciembre de 2015. Recuperado en diciembre de 2015, del IMTA:
http://galileo.imta.mx/BOLEAJE/boletinOleaje/vistas/boletinPrint_his.php?sku=20151204

INECC. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2007. Infraestructura industrial de PEMEX.

INE-SEMARNAT. 2004. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México. Compilado por Margarita Caso, Irene Pisant y Exequiel Ezcurra. Primera edición.



Iñigo-Elías, E. 2006. Aves migratorias, un recurso compartido en el continente americano y su relación con el Istmo de Tehuantepec. Recuperado en diciembre de 2015 de:

<http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/226.pdf>

IOC, IHO and BODC. 2003. "Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas", published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans; British Oceanographic Data Centre, Liverpool.

IPIECA. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 1997. Impactos biológicos de la contaminación por hidrocarburos: Manglares. Serie de Informes de IPIECA, Vol. 4, Londres, 20 pp.

Jefferson Thomas A. & Spencer K. Lynn. 1994. Marine Mammal Sightings in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, Summer 199. Caribbean Journal of Science, Vol. 30, No. 1-2, 83-89, 1994

Jones G.P. & ANDREW N.L. (1992) Temperate reefs and the scope of seascape ecology. En: Battershill CN, (ed.) Proceedings of the Second International Temperate Reef Symposium: 63-76 Auckland, New Zealand.

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 1992. Trace elements in soils and plants. CRC Press, USA, 2Ed.

Karakulak, S., Oray, I., Corriero, A., Deflorio, M., Santamaria, N., Desantis, S. 2004. Evidence of a spawning area for the bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the eastern Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 318-320.

Keen, M. 1971. Sea shells of tropical West America, Marine Mollusks from Baja California to Perú. Second edition. Stanford University Press, Stanford, California.

Kennish, M.J. 1997. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. Halogenated Hydrocarbons, CRC Press, Marine sciences series Boca Raton.

Kerlinger, P. 1989. Flight strategies of migrating hawks. University of Chicago Press, Chicago.

Kirwan A.D., Merrell W.J., Lewis J.K. y Whitaker R.E. 1984. Lagrangian observations of an anticyclonic ring in the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 89(C3):3417-3424. American Geophysical Union, Washington DC, USA. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.



Knauss, J.A., 1997. Introduction to Physical Oceanography, 2Ed., Prentice-Hall, New Jersey, 309 pp.

Kokokiris, L., Bruslé, S., Kentouri, M., Fostier, A. 1999. Sexual maturity and hermaphroditism of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae). *Marine Biology*, 134: 621-629.

Lafabrie, C., Pergent, G., Kantin, R., Pergent-Martini, C., Gonzalez, J. 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species - Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*, 68 (11): 2033-2039.

Lankford, R.R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. En: Wiley, M. (Ed.) *Estuarine Processes*. Academic Press Inc., New York, pp. 182-215.

Lewis, R.R. 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological Engineering*, 24: 403-418.

Libes, S. (2009). Introduction to marine biochemistry. San Diego: Academic Press.

Libes, S.M. 2009. Introduction to marine biogeochemistry. 2Ed. Elsevier, USA. 910 pp.

Licea, S., Zamudio, M.E., Moreno-Ruiz, J.L., Luna, R. 2011. A suggested local region in the Southern Gulf of Mexico using a diatom database (1979-2002) and oceanic hydrographic features. *Journal of Environmental Biology*, 32: 443-453.

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 Vedra. Barcelona.

Malloy, R.J., Hurley, R. 1970. Geomorphology and geologic structure: Straits of Florida. 669 *Geological Society of America Bulletin*, 81: 1947-1972.



Manooch, S.C., Mason, D.L. 1987. Age and growth of the warsaw grouper and black grouper from the southeast region of the United States, *Northeast Gulf Science*, 9(2): 65-75.

Margalef, R. 1974. *Ecología*. Ediciones Omega S. A. Barcelona. España.

Márquez-M., R. 1996. *Las tortugas marinas y nuestro tiempo*. Fondo de Cultura Económica, México. 197 pp.

Márquez-M., R. 2004. *Las tortugas marinas del Golfo de México: Abundancia, distribución y protección*. En: Caso, M., Pisanty, I., Ezcurra, E., (Comp.). *Diagnóstico Ambiental del Golfo de México*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Harte Research Institute for the Gulf of México Studies, Vol. 1, pp. 173-197.

Matthai, C., Birch, G. 2001. Detection of Anthropogenic Cu, Pb and Zn in continental shelf sediments off Sydney Australia - a New Approach Using Normalization with Cobalt. *Marine Pollution Bulletin*, 42(11): 1055-1063.

Medellín, R.A., et al. 2009. Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 459-515.

Medina, L.R. 2006. *Determinación de metales disueltos en agua de la sonda de Campeche, Golfo de México*. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 52 pp.

Méndez, M. *Crustáceos comerciales y otras especies en el litoral Peruano*. Boletín Lima No. 20 - Marzo 1982. Perú.

Metzler, A., Rivas, M., Sealy, I., & Snyder, R. (2015). Las especies silvestres marinas y las actividades de E&P: trabajando para coexistir. *Oil Field Review*, 1-10.

Meylan, A.B. 1999. International movements of immature and adult hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*), in the Caribbean Region. *Chelonian Conservation and Biology*, 3(2): 189-194.

Middelburg, J.J., Hoede, D., Van Der Sloot, H. A., Van Der Weijden, C.H., Wijkstra, J. 1988. Arsenic, antimony and vanadium in the North Atlantic Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, (52): 2871-2878.

Mihelakakis, A.T., Yoshimatsu, T., Tsolkas, 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

NOAA 2012. An Overview of Protected Species in the Gulf of Mexico NOAA Fisheries Service Southeast Regional Office Protected Resources Division

Nowlin W.D. 1971. Water masses and general circulation of the Gulf of Mexico. *Oceanology*. Contribution No. 452:173-178. Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Shirshov Institute of Oceanology, RAS, Moscú.1972.



Winter circulation and property distributions. En: Contributions on the physical oceanography of the Gulf of Mexico, L.R. Capurro y J. Reis (Eds.) Gulf Publ. Co., Houston, Texas. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.

Ortíz, G. 2000. Análisis de la contaminación en sedimentos y bentos en el bajo río Coatzacoalcos, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 83 pp.

Ortíz, M., Méndez, A. 1999. Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas*, 39: 68-81.

Ortíz-Lozano, L., Arceo-Briseño, P., Granados-Barba, A., Salas-Monreal, D., Jiménez-Badillo, L. 2010. Zona costera. En: Florescano, E., Ortíz-Escamilla, J. (Coords). Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz, Tomo I: Patrimonio Natural. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, pp. 123-146.

Pajuelo, J.G., Lorenzo, L.M. 1996. Life history of the red porgy *Pagrus pagrus* (Teleostei: Sparidae) off the Canary Islands, central east Atlantic. *Fisheries Research*, 28: 163-177.

Parker, R.O., Mays, R.W. 1998. Southeastern U.S. deepwater reef fish assemblages, habitat characteristics, catches, and life history summaries. NOAA Technical Report NMFS.

Peluso María Leticia (2011) Evaluación de efectos biológicos y biodisponibilidad de contaminantes en sedimentos del Río la Plata y afluentes. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de la Plata.

PEMEX - UNAM, 2003. Campaña Oceanográfica SGM-8, 2003. Reporte Final.

Pemex Exploración y Producción- Universidad Nacional Autónoma de México. 2005-2008. Informe por Vázquez Gutiérrez F. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

PEMEX. (2014). Anuario Estadístico. México: PEMEX.

Phillips, R.C., Payne, R.J., Lambach, L.J., Farmer, H.G., Sims Jr, R.R. 1993. Georges Bank monitoring program: Hydrocarbons in bottom sediments and hydrocarbons and trace metals in tissue. *Marine Environmental Research*, 22: 33-74.



Pickett-Heaps, J.D., Pickett-Heaps, J. 2011. *Diatoms: Life in glass houses*. Sinauer Associates, Sunderland, USA.

Pielou, E. C. *An Introduction to Mathematical Ecology*. Wiley-Interscience, Inc. New York, 1969. 286 p.

Piercy, A.N., Carlson, J.K., Passerotti, M.S. 2010. Age and growth of the great hammerhead shark, *Sphyrna mokarran*, in the north-western Atlantic Ocean and Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*, 61: 992-998.

Ponce, M. 1995. Evaluación de los niveles de metales pesados e hidrocarburos aromáticos polinucleares en la zona costera del Golfo de México. Tesis Profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 157 pp.

Porcela, D.B. 1993. Protocol for Blow Assessment of Hazardous Waste Sites, Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency. In: Burton, G.A., Pitt, E.R., 2002. *Stormwater effect handbook: a toolbox for watershed managers, scientist, and engineers*. Lewis Publishers, 911 pp.

Prego, R., Cobelo-García, A. 2003. Twentieth century of heavy metals in the Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environmental Pollution*, 121: 425-452.

Ramírez-Elías Miguel A, Sabido-Pérez Mirna Y., Aguilar-Ucán Claudia A., Cerón-Bretón Rosa M., De La Cruz-González César A., Argáez-Aguilar Edwin G. (2005) Estudios de metales pesados en sedimentos del Arroyo La Caleta, Ciudad del Carmen, Campeche. Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR).

RAMSAR. 2006. The Ramsar Convention on Wetlands. Recuperado en diciembre de 2015, del RAMSAR: <http://www.ramsar.org>

Raymont, J. 1980. *Plankton and productivity in the oceans. I. Phytoplankton*. Oxford: Pergamon Press, USA, 488 pp.

Richards, W.J. 1999. Preliminary guide to the identification of the early life history stages of serranid fishes of the western central Atlantic. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-419.

Riley, J.P., Chester, R. 1971. *Introduction to Marine Chemistry*. Academic Press, England, 465 pp.

Robles, L. B. (30 de Julio de 2012). La jornada ecológica. Recuperado el 19 de Febrero de 2016, de La jornada ecológica: <http://www.jornada.unam.mx/2012/07/30/eco-c.html>

Rodier, J. 1990. *Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar: química, fisicoquímica, bacteriología, biología*. Editorial Omega, España, 1080 pp.



Rodríguez, S. R. Transferencia de recursos alimentarios entre diferentes ambientes del ecosistema marino. *Rev. chil. hist. nat., mar.* 2000, vol.73, no.1, p.199-207.

Rodríguez-Santiago, H., Botello, A.V. 1987. Contaminación enterobacteriana en la red de agua potable y en algunos sistemas acuáticos del sureste de México. *Contaminación Ambiental*, 3: 37-53.

Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A.D., Márquez-Mendoza, J.D., Vázquez- Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M.I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L., Galindo-Leal, C. 2013. Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 128 pp.

Roo, F.J., Socorro, J., Izquierdo, M.S., Caballero, M.J., Hernández-Cruz, C.M., Fernández, A. 1999. Development of red porgy *Pagrus pagrus* visual system in relation with changes in the digestive tract and larval feeding habits. *Aquaculture*, 179: 499-512.

Rosales-Hoz, L., Carranza-Edwards, A., Carvajal-Romero, P., Méndez-Jaime, C., Ruiz-Santoyo, M.E. 2003. Physicochemical seasonal variability of a tropical estuary: major and minor elements in water and air. *Environmental Geology*, 44(7): 790-798.

Rosas, P.I., Báez, A., Belmont, R. 1983. Oyster (*Crassostrea virginica*) as indicator of heavy metals pollution in some lagoons of the Gulf of Mexico. *Water, air and soil pollution*, 20: 127-135.

Rozbaczylo, N. & Castilla, J. 1974. La familia Nephthyidae en Chile (annelida, Polychaeta). *Studies in the Neotropical Fauna* 9, pp. 179-206. Santiago.

Rozbaczylo, N. & J. Bolados. 1980. Nereidos de Iquique, Chile. (Polychaeta: Nereidae). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago* 37: 205-224.

Ruíz, T. 2008. Estructura comunitaria de los macrocrustáceos bentónicos del suroeste del Golfo de México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 90 pp.

Ruppert, E y Barnes, R. D. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Quinta edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. México. Pag. 447 y 448.

Ruppert, E. & Barnes, R. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Sexta edición. McGraw-Hill Interamericana. México.



Sadiq M. 1992. Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker. New York, 390 pp.

Sadovy, Y., Eklud, A. 1999. Synopsis of Biological Data on the Nassau Grouper, *Epinephelus striatus* (Bloch, 1792), and the Jewfish, *E. itajara* (Lichtenstein, 1822). Seattle, Washington: NOAA Technical Report NMFS 146, A Technical Report of the Fishery Bulletin FAO Fisheries Synopsis, 157 pp.

SAGARPA. (24 de agosto de 2012). Carta Nacional Pesquera . México: DOF.

Salfina, C. 1993. Bluefin tuna in the West Atlantic: negligent management and the making of an endangered species. *Conservation Biology*, 7(2): 229-234.

Salvador, A. 1991. (Ed.). The gulf of Mexico basin: The Geology of North America, Vol. J: Geological Society of America, The geology of North America.

Sará, G., Sará, R. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 122-127.

Schmidly, D. J. and B. Würsig. 2009. Mammals (Vertebrata: Mammalia) of the Gulf of Mexico, Pp. 1343-1352 in Felder, D.L. and D.K. Camp (eds.), *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and Biota. Biodiversity*. Texas A&M Press, College Station, Texas.

Schreiber EA & Burger J. 2002. Seabirds in the Marine Environment; pp. 1-16 En: Schreiber EA & Burger J (eds.). *Biology of marine birds*. 1ra ed., CRC PRESS, Florida.

SE. (2014). Perfil de Mercado del Litio. México: SE.

SEMAR, 2012. Centro de Control y Procesamiento de Datos (CECOPROD). Secretaría de Marina. Accedido: 23 de febrero de 2016. Obtenido de: < http://oceanografia.semar.gob.mx/telems/CROQUIS%20GOLFO/12%20COATZACOAL_niveles_infor.pdf >.

SEMARNAT, 2016. Coatzacoalcos, Veracruz. Secretaria del Medioambiente y Recursos Naturales. Accedido: 23 de febrero de 2016. Obtenido de: < <http://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioCoatza.pdf> >.

SEMARNAT. (13 de 12 de 2007). Declaratoria de clasificación del Río Coatzacoalcos, sus afluentes (Río Calzadas, Arroyo Gopalapa y Arroyo Teapa) y la Laguna Pajaritos. México: DOF.

SEMARNAT. 2009. Plan de manejo tipo para el manejo, conservación y aprovechamiento sustentable de aves acuáticas y playeras. <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/vid>



asilvestre/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

Solís-Marín, F.A., Herrero-Perezrul, M.D., Laguarda-Figueroa, A., Torres-Vega, J. 1993. Asteroideos y Equinoideos de México (Echinodermata). En: Salazar-Vallejo, S.I., González N.E. (Eds.). *Biodiversidad marina y costera de México*. CONABIO, México, pp. 91-105.



Solís-Weiss, V.A., Granados-Barba, L.V., Rodríguez-Villanueva, L.A., Miranda-Vázquez, V., Ochoa-Rivera, P., Hernández-Alcántara, P. 1995. The Lumbrineridae of the continental shelf in the Mexican portion of the Gulf of Mexico. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut, Germany*, 92: 61-75.

Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Halpern BS, Jorge MA, Lombana A, Lourie SA, Martin KD, McManus E, Molnar J, Recchia CA, Robertson J. (2007). Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas. *BioScience* 57: 573-583

Sprovieri, M., Feo, L., Prevedello, L., Salvagio, D., Sammartino, S., Tamburrino, S., Marsella, E. 2007. Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Naples harbour (Southern Italy). *Chemosphere*, 67: 998-1009.

Stevens, J.D., Lyle, J.M. 1989. Biology of three hammerhead sharks (*Eusphyra blochii*, *Sphyrna mokarran* and *S. lewini*) from Northern Australia. *Australia Journal of Marine and Freshwater Research*, 40: 129-146.

Stout, S.A., Uhler, A.D., McCarthy, K.J. 1998. PAH can provide a unique forensic fingerprint for hydrocarbons products. *Soil Ground, Cleanup*.

Suchil, M.A. 1990. Determinación de la variación estacional de fitoplancton, y su relación con los parámetro físicos y químicos de las lagunas de Sontecomapan y del Ostión/Ver. para el año de 1985. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales - Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.

Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans - surface productivity and oxygen utilization. *Nature*, 288: 260-263.

Suess, M.J. 1976. The environmental load and cycle of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Science of the Total Environment*, 6: 239-250.

Tarazona, J.; Paredes, C.; Canahuire, E.; Romero, L.; Hoyos, L.; Takeshi, M.; Cornejo, O. 1989. Mecanismos y Procesos en la dinámica de las comunidades y poblaciones bentónicas. UNMSM - Fac. Ciencias Biológicas. Perú.

Thiel, M.; Guerra-García, J. M., Lancelotti, D. A. The distribution of littoral caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) along the Pacific coast of continental Chile. *Rev. chil. hist. nat.*, jun. 2003, vol.76, no.2, p.297-312.

Torres A., C. Esquivel & G. Ceballos. 1995. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Marinos de México. *Revista de Mastozoología* I: 22-43, 1995.

Tucker, R. & Peter, S. 1998. *Compendium of seashells*. Odyssey Publishing. Printed in China.



UNESCO. (1976). Guide to operational procedures for the IGOSS Plito Project on marine pollution (Petroleum) Monitoring. Hemmerlé: UNESCO.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN. 2015. Lista de especies amenazadas. 2015. <http://www.iucnredlist.org/details/22694455/0>

Vargas-Hernández, J.M., Hernández-Gutiérrez, A., Carrera-Parra, L.F. 1993. Sistema Arrecifal Veracruzano. En: Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E. (Eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO y CIQRO, México, pp. 559-575

Vázquez, G.F., Tapia, G.M., Moreno, J.L, Alexander, V.H., Pérez, B.R., Fuentes, V.J., Frausto, C.A. 1998. Evaluación Prospectiva para el Programa de Monitoreo Continuo del Efecto Ambiental de la Actividad Petrolera en el Golfo de México. Convenio PEMEX-Universidad Nacional Autónoma de México - RMSO: 007/98 (Informe final).

Vázquez-Botello Alfonso, Villanueva-Fragosos Susana y Rosales-Hoz Leticia (2004) Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. Diagnóstico Ambiental del Golfo de México, Vol 2: pp. 681-710.

Vega-Cendejas, M.E., de Santillana, M.H., Agüero, G.C. 1997. Los peces de la Reserva de Celestún. Mérida: Pronatura.

Vela, J. 2005. Evaluación de los parámetros bromatológicos en sedimentos del Sur del Golfo de México en 2006. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 67 pp.

Veliz, D. & Vasquez, J. La Familia Trochidae (Mollusca: Gastropoda) en el norte de Chile: consideraciones ecológicas y taxonómicas. Rev. chil. hist. nat., dic. 2000, vol.73, no.4, p.757-769.

Vera-Mendoza, R.R., Salas-de-León, D.A. 2014. Effect of Environmental Factors on Zooplankton Abundance and Distribution in River Discharge Influence Areas in the Southern Gulf of Mexico. En: Amezcua, F., Bellgraph, B. (Eds.). Fisheries Management of Mexican and Central American Estuaries of the World. Springer Sciences, USA, pp. 93-112.

Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, A.F. Hernández, E. Meza, J.M. Pérez-Molero 1994 b. Baroclinic flows, transports, and kinematic properties in a cyclonic-anticyclonic-cyclonic ring triad in the Gulf of Mexico. Journal of Geophysical Research, 99: 7571-7597. American Geophysical Union. Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.



Vidal, V.M.V., F.V. Vidal, J.M. Pérez-Molero 1992. Collision of a Loop Current anticyclonic ring against the continental shelf slope of the western Gulf of Mexico. *Journal of Geophysical Research*, 97: 2155-2172. American Geophysical Union, Washington, D.C. En: Caso M.; I. Pisanty y E. Ezcurra (Eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Instituto de Ecología, A. C. y Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 626 p.

Vidal, V.M.V., Vidal, F.V., Hernández, A.F. 1990. *Atlas Oceanográfico del Golfo de México*, Vol. III, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Grupo de Estudios Oceanográficos, Cuernavaca, Morelos.

Villanueva, F.S. 1987. *Evaluación de metales pesados en sedimentos y organismos del río Coatzacoalcos y áreas adyacentes*, Veracruz, México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 82 pp.

Villanueva, F.S., Páez-Osuna, F. 1996. Niveles de metales en el Golfo de México: Agua sedimentos y organismos. En: Botello, A.V., Rojas-Galaviz, J.L., Benítez, J.A., Zárate-Lomelí, D. (Eds.). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche, Serie Científica, 5, pp. 309-347.

Villanueva, S., & Botello, A. (1992). Metales pesados en la zona costera del Golfo de México y Caribe Mexicano: una revisión. *Rev. Int. Ambient.*, 8(1), 47- 61.

Waring GT, Quintal JM, Swartz SL, Editors. 2000. *US Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments -- 2000*. US Dep Commer, NOAA Tech Memo NMFS NE 162; 298 p.

Wennemer J, Gagnon C, Boye D, Gong G. 1998. *Summary of Marine mammal and turtle observation during the 1997 nearfield water quality surveys*. Boston: Massachusetts Water Resources Authority. Report ENQUAD 98-03. 17p.

Wiseman, W.J., Sturges, W. 1999. *Physical oceanography of the Gulf of Mexico: Processes that regulate its biology*. In: Kumpf H., Steidinger, K., Sherman, K. (Eds.). *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystem: Assessment, sustainability and management*. Blackwell Science, USA, pp. 77-92.

Würsing, B., Jefferson, T.A., Schmidly, D.J. 2000. *The marine mammals of the Gulf of Mexico*. Texas, USA, Texas A&M University Press.

Zhang, H.-M., R.W. Reynolds, and J.J. Bates. 2006. "Blended and Gridded High Resolution Global Sea Surface Wind Speed and Climatology from Multiple Satellites: 1987 - Present". American Meteorological Society 2006 Annual Meeting, Paper #P2.23, Atlanta, GA, 29 de enero - 2 de marzo, 2006.



8. Apéndices

- Apéndice 6.1 Resumen de análisis y muestreo de agua marina
- Apéndice 6.2 Resultados analíticos de agua marina - Clorofila a
- Apéndice 6.3 Resultados analíticos de agua marina - SST
- Apéndice 6.4 Resultados analíticos de agua marina - HTP
- Apéndice 6.5 Resultados analíticos de agua marina - HAP
- Apéndice 6.6 Resultados analíticos de agua marina - BTEX
- Apéndice 6.7 Resultados analíticos de agua marina - Nutrientes
- Apéndice 6.8 Resultados analíticos de agua marina - Metales
- Apéndice 6.9 Resumen de análisis y muestreo de sedimento
- Apéndice 6.10 Resultados analíticos de sedimento - HTP
- Apéndice 6.11 Resultados analíticos de sedimento - HAP
- Apéndice 6.12 Resultados analíticos de sedimento - Metales
- Apéndice 6.13 Resultados analíticos de sedimento - Propiedades físicas
- Apéndice 6.14 Resultados analíticos de sedimento - 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 Listado taxonómico de ictiofauna reportada en las oficinas de pesca para el 2014 de las localidades frente al Área Contractual 2
- Apéndice 6.21 Características de las tortugas marinas del Golfo de México
- Apéndice 6.22 Lista de aves migratorias en el Sur del Golfo de México



9. Listas de tablas

Tabla 2.1	Coordenadas para el Área Contractual 2	3
Tabla 2.2	Puntos de muestreo dentro del Área Contractual 2	4
Tabla 4.1	Relación de Profesionales y Técnicos	6
Tabla 4.2	Características técnicas del buque “Riviera Maya”	7
Tabla 5.1	Ubicación Geográfica del Área Contractual 2	12
Tabla 5.2	Ubicación Geográfica de las estaciones de evaluación	13
Tabla 5.3	Parámetros analíticos de calidad del agua de mar	17
Tabla 5.4	Parámetros analíticos de calidad del sedimento marino	20
Tabla 5.5	Ubicación de las Estaciones de Muestreo de Macrobentos en el Área Contractual 2	24
Tabla 5.6	Metodologías de Evaluación de Aves Marinas	27
Tabla 5.7	Metodología para la evaluación de Mamíferos y Tortugas Marinas	29
Tabla 5.8	Características de las redes agalleras empleadas en la pesca exploratoria	32
Tabla 5.9	Parámetros de medición de la Pesca Exploratoria del Área Contractual 2.	32
Tabla 6.1	Criterios de Regulación Ecológica	36
Tabla 6.2	Temperatura máxima, estación meteorológica Nanchital	41
Tabla 6.3	Valores de precipitación media anual y mensual estación meteorológica Nanchital	45
Tabla 6.4	Promedio estatal climatológico	46
Tabla 6.5	Evaporación mensual registrada para el estado de Veracruz en el periodo comprendido entre 1956 y 2002	49
Tabla 6.6	Evaporación mensual y promedio anual en la estación meteorológica Nanchital.	50
Tabla 6.7	Promedio de la nubosidad durante el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 2 (Estación Coatzacoalcos-Veracruz)	51
Tabla 6.8	Eventos extremos reportados para la zona del Área Contractual 2, del periodo 1978-2014.	53
Tabla 6.9	Presión atmosférica registrada en el área de estudio cada 30 min (diciembre de 2015)	66
Tabla 6.10	Registro de parámetros básicos de calidad de agua de mar	75
Tabla 6.11	Iones en el agua de mar	76
Tabla 6.12	Capas de la columna de agua	82
Tabla 6.13	Registros de materia orgánica en sedimento marino	117
Tabla 6.14	Composición y abundancia del zooplancton (organismos / 100 m ³) en abril de 2000 en la zona de influencia del Área Contractual 2	123
Tabla 6.15	Datos generales de la pesca exploratoria en la locación L2-D del Área Contractual 2.	127
Tabla 6.16	Especies registradas en la locación L2-D del Área Contractual 2.	128
Tabla 6.17	Datos generales de la pesca exploratoria en la estación L2-B del Área Contractual 2	130
Tabla 6.18	Especies registradas en la locación L2-B del Área Contractual 2.	131



Tabla 6.19	Parámetros de caracterización de fauna íctica reportados en el Área Contractual 2.	131
Tabla 6.20	Aves registradas en en el Área Contractual 2	133
Tabla 6.21	Aves registradas y su hábitat de uso en el Golfo de México	134
Tabla 6.22	Categoría de Conservación de las aves registradas en el Área Contractual 2	136
Tabla 6.23	Mamíferos Marinos registrados en el Área Contractual 2	138
Tabla 6.24	Categoría de Conservación de los Mamíferos Marinos registrados en en el Área Contractual 2	141
Tabla 6.25	Tortugas que ocurren en el Golfo de México	144
Tabla 6.26	Categoría de Conservación de las tortugas marinas que ocurren en el Golfo de México	145
Tabla 6.27	Análisis de concentración de metales en sedimentos	153
Tabla 6.28	Efectos de la concentración de cadmio sobre especies acuáticas	157
Tabla 6.29	Análisis de la concentración de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en sedimentos	158
Tabla 6.30	Características de la captura de las principales especies comerciales de peces	171
Tabla 6.31	<i>Formas de organización social y número de miembros por estado</i>	174
Tabla 6.32	<i>Vedas establecidas para las principales especies comerciales en el Área Contractual 2</i>	176
Tabla 6.33	<i>Determinación de códigos de atributos de daños ambientales</i>	185
Tabla 6.34	<i>Categoría de significancia de daños ambientales</i>	186
Tabla 6.35	Cálculo del índice de incidencia y categorización de los daños ambientales en el Área Contractual 2	187
Tabla 6.36	<i>Carga de contaminantes del Río Coatzacoalcos</i>	191
Tabla 6.37	Componente ambiental por incidencia	199
Tabla 6.38	Localización del pozo Luhua-1	201
Tabla 6.39	Resultados analíticos de sedimento	206



10. Lista de Figuras

Figura 4.1	Vista del buque "Riviera Maya"	8
Figura 4.2	Evaluación de necton con embarcación pesquera artesanal	9
Figura 5.1	Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 2	12
Figura 5.2	Distribución de Zonas Pesqueras en México.	14
Figura 5.3	Profundidades en metros del Golfo de México versión GOMI0.04_72	15
Figura 5.4	Vista de la Roseta de botellas Niskin	17
Figura 5.5	Vista del Boxcore de corte cuadrado	19
Figura 5.6	Vista de red cónica de 20 μm empleada para la colecta de muestras de fitoplancton	22
Figura 5.7	Muestreador de sedimentos (Box Corer)	24
Figura 5.8	Metodología de Evaluación de Aves Marinas	28
Figura 5.9	Metodología de Evaluación de Tortugas y Mamíferos Marinos	30
Figura 5.10	Metodología de Pesca Exploratoria en el Área Contractual 2.	31
Figura 6.1	Área contractual y área de estudio	37
Figura 6.2	Variación mensual del promedio de temperatura superficial del océano ($^{\circ}\text{C}$)	43
Figura 6.3	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$): a) enero, b) febrero, c) marzo, d) abril.	43
Figura 6.4	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$): a) mayo, b) junio, c) julio, d) agosto	44
Figura 6.5	Temperatura superficial ($^{\circ}\text{C}$) i) septiembre, j) octubre, k) noviembre, l) diciembre.	44
Figura 6.6	Ejemplo perfil térmico para el Área Contractual 2 generada del modelo HYCOM	45
Figura 6.7	División de México, según los valores anuales de la humedad relativa. Periodo: 1941-1970. Se distinguen 3 tipos: 1) tipo húmedo (F), con valores superiores al 70%; 2) tipo medio (M), con valores entre 65 y 70%; 3) tipo seco (T), con valores inferiores al 65%	49
Figura 6.8	Promedio de la nubosidad diaria en el mes de diciembre (2015) para el área circundante al Área Contractual 2 (Veracruz)	51
Figura 6.9	Patrón de circulación de corrientes superficiales (m s^{-1}) en el área de influencia del Área Contractual 2.	56
Figura 6.10	Diagrama de rosa de corrientes para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 2	57
Figura 6.11	Ejemplo de corrientes superficiales marinas (enero-junio) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM	58
Figura 6.12	Ejemplo de corrientes superficiales marinas (julio-diciembre) en el Golfo de México obtenidas del modelo HYCOM	59
Figura 6.13	Ejemplo de perfil de salinidad para el sitio en donde se ubica el Área Contractual 2 generada del modelo HYCOM	60
Figura 6.14	Diagramas de rosa de vientos por mes (enero a junio) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	62
Figura 6.15	Diagramas de rosa de vientos por mes (julio-diciembre) para el periodo 2009-2014 del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	63



Figura 6.16	Diagramas de rosa de vientos por mes del sitio cercano al Área Contractual 2 (longitud -94.5° y latitud 19.0°)	64
Figura 6.17	Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de lluvias (julio) del año 2015	65
Figura 6.18	Viento promedio a 10 m de la superficie en el periodo de Nortes (diciembre) del año 2015	65
Figura 6.19	Presión atmosférica registrada en el Área Contractual 2 (diciembre de 2015)	66
Figura 6.20	Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de lluvias (julio) de 2015	69
Figura 6.21	Altura del oleaje y dirección simulada en el Golfo de México en el periodo de Nortes (diciembre) de 2015	69
Figura 6.22	Representación gráfica del régimen de mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz	70
Figura 6.23	Características de las mareas de la estación Coatzacoalcos, Veracruz	70
Figura 6.24	Batimetría del Área Contractual	72
Figura 6.25	Batimetría en el Área Contractual 2	73
Figura 6.26	Concentración de HTP en el Área Contractual 2	93
Figura 6.27	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 0–10 m de profundidad: A) Biomasa (mg m ⁻³); B) Densidad (kg m ⁻³).	121
Figura 6.28	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 10–20 m de profundidad: A) Biomasa (mg m ⁻³); B) Densidad (kg m ⁻³)	122
Figura 6.29	Distribución horizontal del zooplancton en el intervalo 20–30 m de profundidad: A) Biomasa (mg m ⁻³); B) Densidad (kg m ⁻³)	122
Figura 6.30	Distribución de especies registradas	135
Figura 6.31	Riqueza de mamíferos marinos en la Zona Económica Exclusiva de México	139
Figura 6.32	Distribución de mamíferos registrados	140
Figura 6.33	Distribución de la tortuga caguama <i>Caretta caretta</i> en México	144
Figura 6.32	Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 2.	161
Figura 6.33	Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 2	163
Figura 6.34	Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 2	164
Figura 6.35	Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 2.	165
Figura 6.36	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)	166
Figura 6.37	Rutas migratorias de las aves durante Primavera - Otoño	167
Figura 6.38	Distribución Espacial de Pesca Artesanal	169
Figura 6.39	Zona de pesca cercana al Área Contractual 2	172
Figura 6.40	Embarcaciones utilizadas para la pesca artesanal	173
Figura 6.41	Nafragios en el Litoral del Golfo de México	179



11. Lista de Gráficas

Gráfica 6.1	Climograma del periodo 1951-2010. Estación meteorológica Nanchital.	41
Gráfica 6.2	Comportamiento de la salinidad en el Área Contractual 2	77
Gráfica 6.3	Comportamiento de la temperatura en el Área Contractual 2	78
Gráfica 6.4	Temperatura y salinidad B2-A	78
Gráfica 6.5	Temperatura y salinidad B2-B	79
Gráfica 6.6	Temperatura y salinidad B2-C	80
Gráfica 6.7	Temperatura y salinidad B2-D	81
Gráfica 6.8	Temperatura y salinidad B2-E	81
Gráfica 6.9	Temperatura y salinidad B2-L	82
Gráfica 6.10	Comportamiento del pH en el Área Contractual 2	84
Gráfica 6.11	Comportamiento del oxígeno disuelto en el Área Contractual 2	84
Gráfica 6.12	Comportamiento de la turbidez en el Área Contractual 2	85
Gráfica 6.13	Turbidez y oxígeno disuelto B2-A	86
Gráfica 6.14	Turbidez y oxígeno disuelto B2-B	87
Gráfica 6.15	Turbidez y oxígeno disuelto B2-C	87
Gráfica 6.16	Turbidez y oxígeno disuelto B2-D	88
Gráfica 6.17	Turbidez y oxígeno disuelto B2-E	88
Gráfica 6.18	Turbidez y oxígeno disuelto B2-L	89
Gráfica 6.19	Comportamiento de la fluorescencia en el Área Contractual 2	90
Gráfica 6.20	Concentración de Sólidos Suspendedos Totales en agua marina	91
Gráfica 6.21	Concentración de amoníaco en agua de mar	95
Gráfica 6.22	Concentración de nitritos en agua de mar	96
Gráfica 6.23	Concentración de nitratos en agua de mar	96
Gráfica 6.24	Concentración de Hierro en sedimento marino	106
Gráfica 6.25	Concentración de Zinc en sedimento marino	107
Gráfica 6.26	Concentración de Plomo en sedimento marino	108
Gráfica 6.27	Concentración de Cobre en sedimento marino	109
Gráfica 6.28	Concentración de Mercurio en sedimento marino	110
Gráfica 6.29	Concentración de Níquel en sedimento marino	111
Gráfica 6.30	Concentración de Vanadio en sedimento marino	112
Gráfica 6.31	Concentración de Bario en sedimento marino	113
Gráfica 6.32	Concentración de Litio en sedimento marino	114
Gráfica 6.33	Concentraciones de Manganeso en sedimento marino	115
Gráfica 6.34	Composición porcentual de las capturas en la locación L2-D.	129
Gráfica 6.35	Proporción de las familias de aves registradas en el Área Contractual 2	133
Gráfica 6.36	Principales especies capturadas de acuerdo a su peso y valor comercial	170



12. Anexos

Anexo 5.1 Acreditaciones y certificaciones del laboratorio analítico

Anexo 5.2 Bitácora de campo

Anexo 5.3 Resultados de laboratorio

Anexo 6.1 Configuración de abandono del pozo Luhua-1



13. Cartografía

- Mapa 1 Ubicación de las estaciones de muestreo en el Área Contractual 2
- Mapa 2 Área contractual y área de estudio
- Mapa 3 Patrón de circulación de corrientes superficiales (m s-1) en el área de influencia del Área Contractual 2.
- Mapa 4 Batimetría del Área Contractual
- Mapa 5 Batimetría en el Área Contractual 2
- Mapa 6 Arrecifes coralinos en el Golfo de México y su distancia respecto al Área Contractual 2.
- Mapa 7 Regiones Marinas Prioritarias en el Área Contractual 2
- Mapa 8 Sitios Marinos Prioritarios en el Área Contractual 2
- Mapa 9 Área Natural Protegida “Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas” y su ubicación con respecto al Área Contractual 2.
- Mapa 10 Distribución Espacial de Pesca Artesanal
- Mapa 12 Zona de pesca cercana al Área Contractual 2
- Mapa 13 Naufragios en el Litoral del Golfo de México